técnica

360

associação dos estudantes do instituto superior técnico

julho 1966

revista de engenharia

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 49 91

●

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO
E DA CACHOFARRA

●

A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA

Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

técnica

*NUMERO 360 * JULHO DE 1966 * ANO XLI * VOLUME XXVIII * PUBLICAÇÃO MENSAL*

Director
Assis Farinha Martins

Administrador
V. M. Martins Pinto

Secretário
Victor Coias e Silva

Redactores
Amadeu M. R. Marrecas
Amílcar S. Martins
João C. V. F. Antas
Mário P. M. Garcia

Editor e Proprietário
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Redacção e Administração
Avenida Rovisco Pais
Telefone 77 54 49
Lisboa 1

★

Assinaturas

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar, Brasil e Espanha	—	65$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

Número avulso — 15$00

★

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Composto e impresso na Tipografia Jorge Fernandes, Lda. — Rua da Cruz dos Poiais, 103 — Lisboa

SUMÁRIO

533 *J. RESSURREIÇÃO NETO* — **Características mecânicas das formações rochosas perante os problemas da Engenharia Civil**
Mechanical characteristics of rock formations in connexion with civil engineering problems

555 *RICARDO DE OLIVEIRA* — **Contribuição para o estudo do estuário do Tejo — Sedimentologia**
Contribution to the study of the Tagus estuary — Sedimentology

*

581 **Vida Escolar e Associativa**
FERREIRA DIAS — Rumo de um electrotécnico de correntes fortes

554 **Notas Informativas**
Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

591 **Do Mundo Técnico**
O aerodeslizador: Princípios de funcionamento e características gerais

597 **Biblioteca**

CAPA Ponte sobre o Tejo, em Lisboa — Faixa de rodagem.

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A — Pág.

A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXX
AEG XXIII
ALBA XXXIX
Aguiar e Melo XXXI
Auto-Lusitânia . . . . . 2.ª da capa
Automática Eléctrica XX
Asea Eléctrica Ld.ª V

B

B. P XIV
Banco Português do Atlântico . . . XXVI

C

CIDEX IV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XXXII
Companhia União Fabril XXXIII
Construções Técnicas XXI

D

Dial XX

E

Electro-Arco, Ltd.ª IV
Electrotécnicos Reunidos XXVII
Empresa de Cimentos de Leiria . . IX
Empresa Electro Cerâmica XXIX
Empresa de Produtos Asfálticos. . . X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações XVI
ESSO VI

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XVI
FÁSSIO XXV
Fundações Franki, Lda. I

G

George Fischer III
Guedes & Almeida, Lda. XXXVIII

H — Pág.

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XII
Heliaço . . . . . 2.ª da capa

I

I. S. T. XXXVII
Isola XXIV

J

Jayme da Costa, Lda XVII
Johann Keller XXIV

M

MAGUE XIII
Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Lda. XXXVI

N

Novobra, Lda. XXIV

Q

Quimicor, S.A.R.L. XIX

R

Roberto Bosch (Portugal), Lda. . . . XVIII
Rotring XXIX

S

Secheron Portuguesa XXVIII
Sociedade Portuguesa Cavan . . . VIII
Sociedade Portuguesa de Válvulas XXII
Sondagens e Fundações A. Cavaco . IV
Sondagens Ródio, Ltd. ª XXXIX
Sopecate XXXVII
Standard Eléctrica VII

T

Technocommerz GmbH XXXV
Tudor XXXIX

U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

V

Vasco Pessoa, Lda. XX

W

Wild Portugal, Lda. XV

Prédio CARDOSO & REIS — Lourenço Marques (Portugal)

ASSENTE SOBRE 177 ESTACAS FRANKI

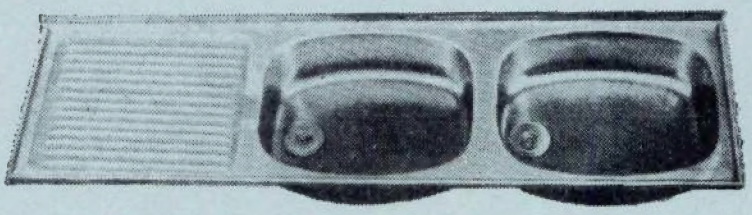
FUNDAÇÕES FRANKI, L.DA

RUA BRAAMCAMP, 13, 3.º — **LISBOA-1** — TELEFONE P. P. C. 73 41 12 — ENDEREÇO TELEGRÁFICO: **FRANKI** — **LISBOA**

PRÉDIO SANTOS GIL, 6.º ANDAR — SALA 10 — TELEFONE 9 11 67 — CAIXA POSTAL N.º 1397

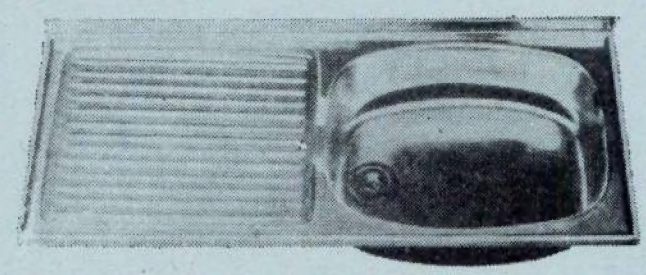
ENDEREÇO TELEGRÁFICO: **FRANKI — LOURENÇO MARQUES**

LAVA-LOUÇAS EM AÇO INOXIDAVEL



Modernize os lares de Portugal, usando nas suas cozinhas Lava-Louças em AÇO INOXIDÁVEL. Concepção e execução da

FABRICA PORTUGAL

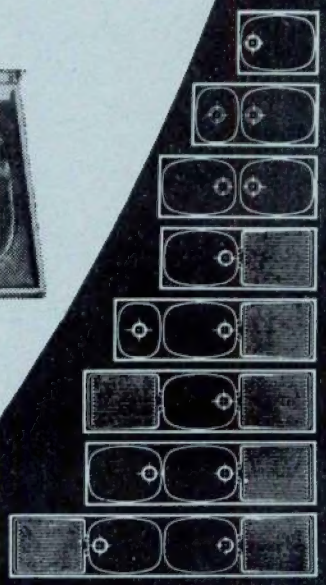


elegantes e higiénicos · duração ilimitada · revestidos de isolante especial · fornecidos com sifão de segurança · não partem a louça

- 8 MODELOS STANDARD · OUTROS MODELOS FORA DE SÉRIE
- MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES
- IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE E NOS SEUS SALÕES DE EXPOSIÇÃO E VENDA

PRAÇA DOS RESTAURADORES - RUA FEBO MONIZ



Cada areia de moldação exige um preparo individual

em marcha contínua os Multi-Mull® +GF+
Sistema Simpson

em marcha descontínua os Mix-Muller® +GF+
Sistema Simpson

Georges Fischer Sociedade Anónima, Schaffhouse (Suiça)

Telefone: (053) 5 60 31 / 5 70 31 Telegrammas: Geofischer Telescriptor: 5 29 15 geofischer schf

GM 1298/5

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:

— Petróleos
— Indústrias químicas
— Construções navais
— Centrais eléctricas
— Alimentação de caldeiras
— Etc., etc.

Sob as condições de funcionamento seguintes:

— Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
— Pressões: altas e baixas
— Temperaturas: −180° C + 500° C
— Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.°/Telef. 73 53 07/LISBOA 1

Pesquisas e captações de água

Sondagens

Rebaixamento de níveis aquíferos

Injecções e consolidações de terrenos

Fundações

Estacas de betão

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA - 1
- TELEF. 73 35 45 - 5 95 62 - 55 38 73

ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS
PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

*

ESCOLAS DE SOLDADURA

—

MATERIAL APROVADO PELOS
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

—

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Tels. 68 36 49 - 68 48 93

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Tels. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO
Rua do Bolhão, 216
Tel. 2 12 77 - 39 44 73

"Vejamos o que a ASEA pode fazer"

A versatilidade e o poder de invenção têm sido consideradas as características mais marcantes da ASEA no tocante a questões de electricidade. Por todo o mundo, poderá ouvir discussões que terminam com esta decisão: "Vejamos o que a ASEA pode fazer!" As realizações da ASEA na técnica da energia — produção, transmissão e distribuição de energia eléctrica — são de renome mundial. Pôr a electricidade em uso constitui igualmente uma das esferas de actividade da companhia e, aqui também, a pesquisa e desenvolvimento da ASEA têm-se revelado duma importância decisiva na criação de novos produtos e comodidades, promovendo melhorias técnicas nos accionamentos industriais, automação, fornos eléctricos, tracção e transportes. Com facilidades de produção em 7 países e representação em 71 países, a ASEA forma um grupo de companhias inteiramente internacional em todo o sentido do termo. O Sr. achará fácil e útil contactar com a organização ASEA para "ver o que a ASEA pode fazer"

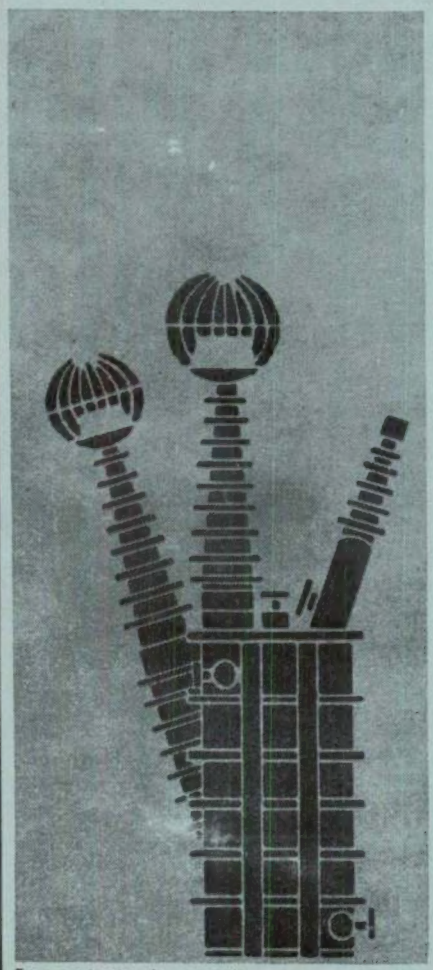
uma força criadora no domínio da electricidade

ASEA

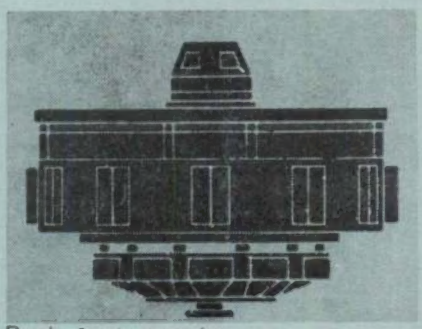
ELÉCTRICA, LDA.

Sede em Lisboa: R. Rodrigues Sampaio, 18, 5º

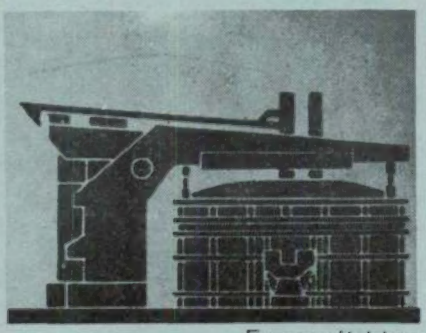
Filial no Porto: Rua do Campo Alegre, 144



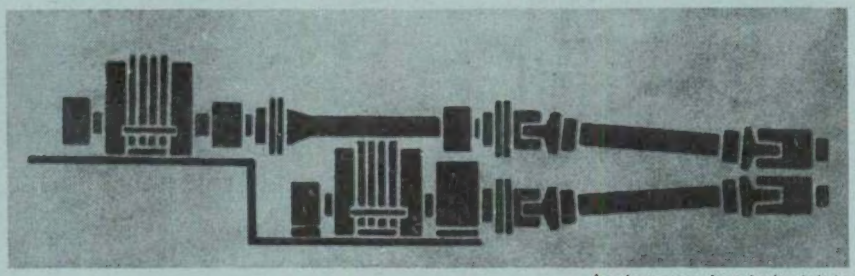
Transmissão de energia



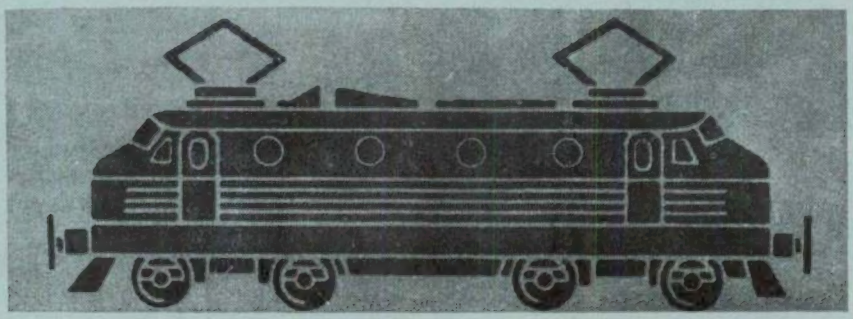
Produção de energia



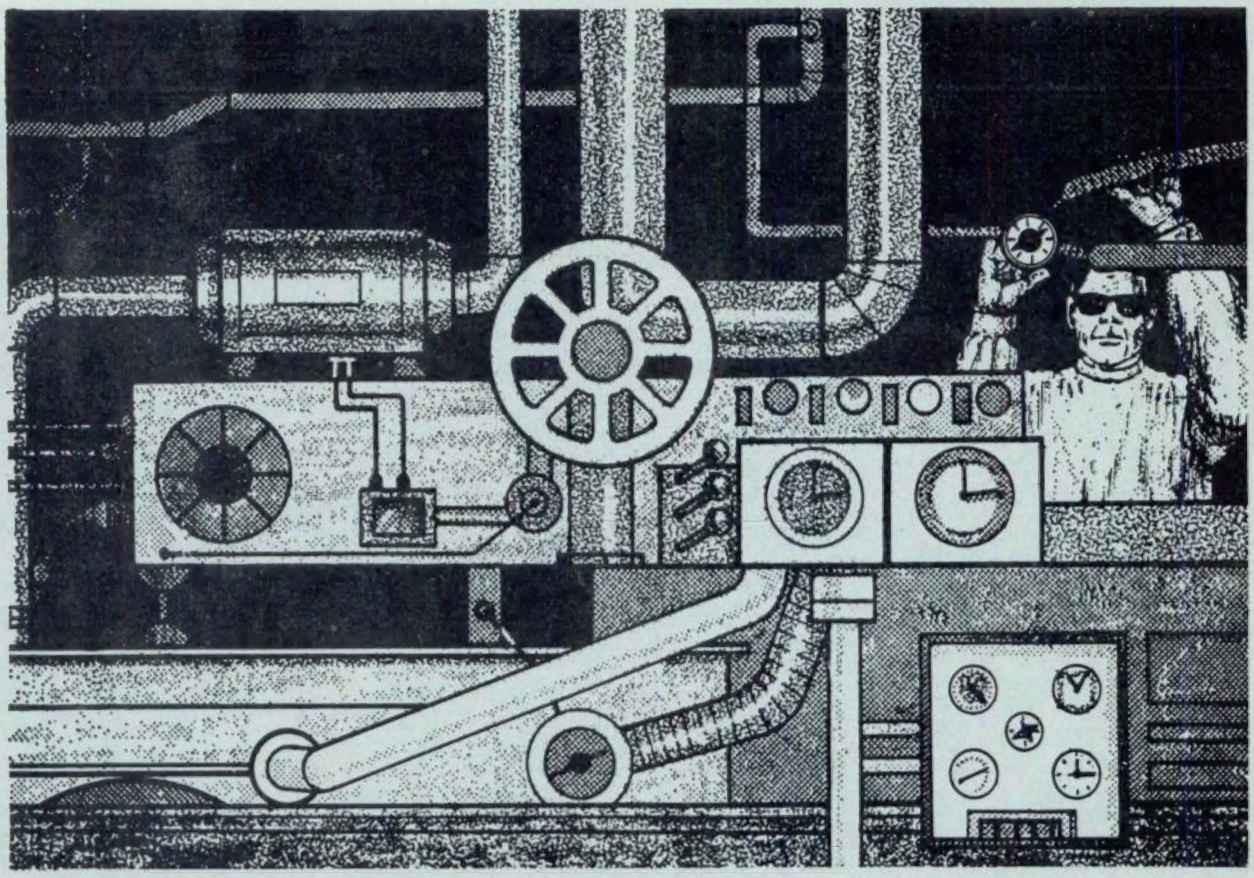
Fornos eléctricos

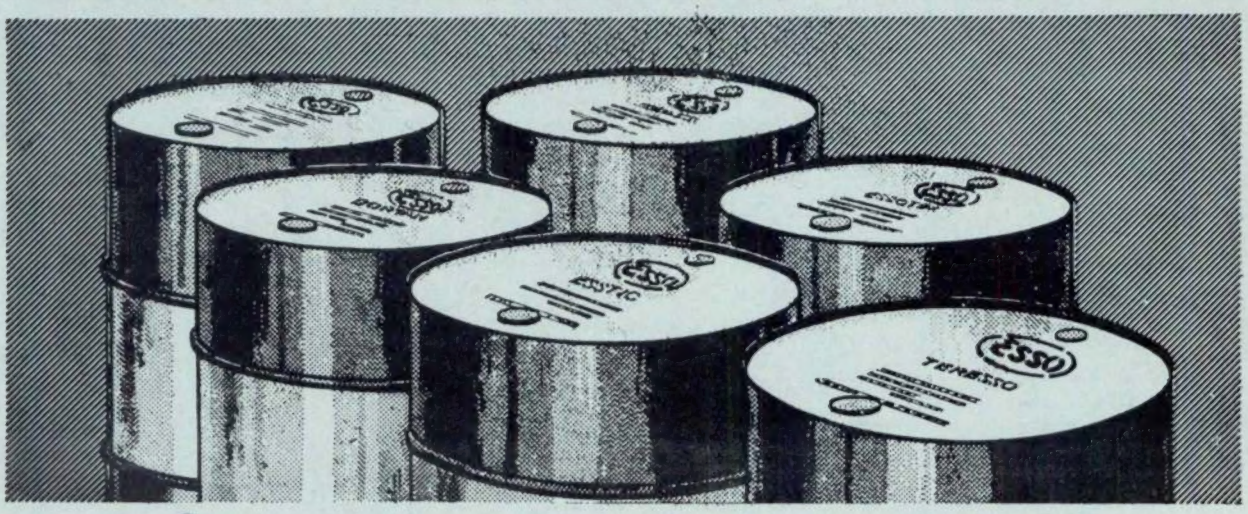


Accionamentos industriais



Tracção e transporte





ESSO GARANTE UMA PRODUÇÃO ININTERRUPTA

Há óleos industriais ESSO para toda a espécie de maquinaria. Eles permitem uma produção ininterrupta porque reduzem ao mínimo a possibilidade de paralização das máquinas.

O óleo industrial ESSO garante, ainda, uma grande economia na manutenção do material, melhor conservação e menor desgaste das peças.

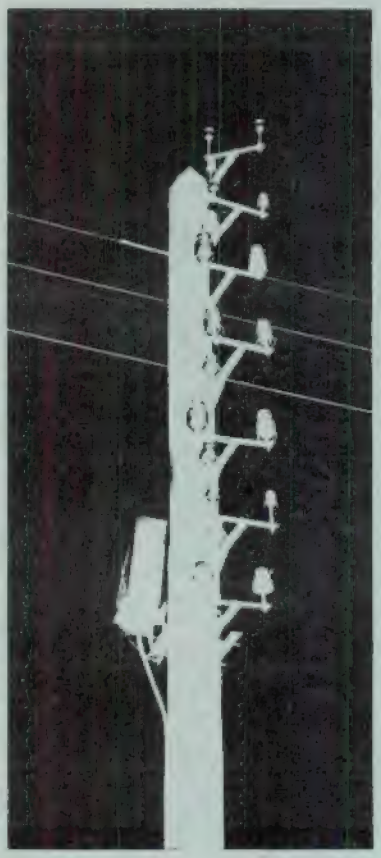
Do seu uso decorre uma maior produtividade e consequentemente, maiores benefícios.

ESSO .... PROGRESSO .... SUCESSO

ESSO O SIMBOLO ESSO REPRESENTA SETENTA E SETE ANOS DE EXPERIÊNCIA MUNDIAL, COM VINTE DE BONS SERVIÇOS EM PORTUGAL

ESSO STANDARD PORTUGUESA (COMPANHIA DE PETRÓLEOS) S. A. R. L.

Em Lisboa: Rua Filipe Folque, 2 – No Porto: Av. Serpa Pinto, 227 - Matosinhos



Conhece todas as aplicações destes rectificadores de selénio, tipo miniatura?

Usados em equipamentos de electrónica, principalmente para o fornecimento de corrente contínua, os rectificadores de selénio, tipo miniatura, encontram muitas aplicações noutros campos, como por exemplo :

— estabilizadores de baixas tensões
— resistências não lineares
— abafadores de faíscas

Estas aplicações conduzem à utilização dos rectificadores de selénio no vasto campo das telecomunicações, automação, em equipamentos de comando e medida, etc...

Os processos de fabrico da ITT garantem correntes constantes, nos sentidos directo e inverso, durante todo o período de vida útil, mesmo sob severas condições de temperatura.

A extensa linha ITT de rectificadores de selénio de pequenas dimensões, que compreende mais de 700 modelos miniatura diferentes, abrangendo tipos espalmados, compactos e tubulares, permite, portanto, resolver qualquer problema específico.

Para informações adicionais relativas aos nossos rectificadores de selénio tipo miniatura ou à nossa linha completa de componentes, que se estende desde os micro-módulos às válvulas gigantes de emissão, consulte a :

STANDARD ELÉCTRICA, s.a.r.l.

Avenida da India — Lisboa 3
Telefone: 63 81 71 Telex: 572

componentes electrónicos

ITT Standard

66/2P

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✸

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

✸

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A
TELEF. 47812-50129
LISBOA

SENHORES
ARQUITECTOS
ENGENHEIROS
EMPREITEIROS
CONSTRUTORES

CALCINA

É hoje em Portugal o melhor ligante hidráulico para argamassas, rebocos e alvenarias.

Prefiram, pois, C A L C I N A

Entregas permanentes de dia e de noite nas Fábricas de Cimento "Tejo" - Alhandra e do "Cabo Mondego" - Figueira da Foz, e através da vasta rede de revendedores espalhados por todo o País

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.° • TEL. 73 01 56 — LISBOA

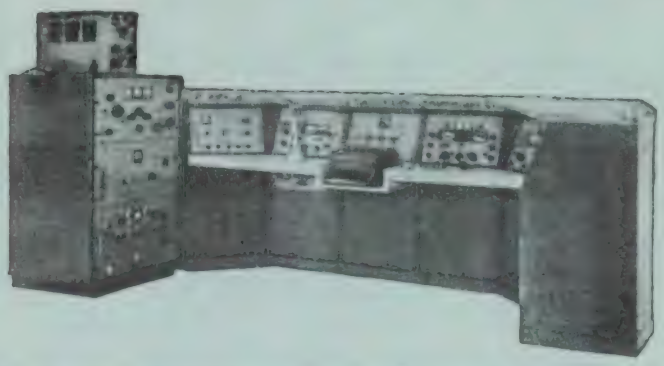
Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

TELEF. 730156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º-LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

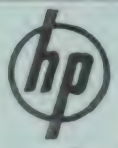


Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados

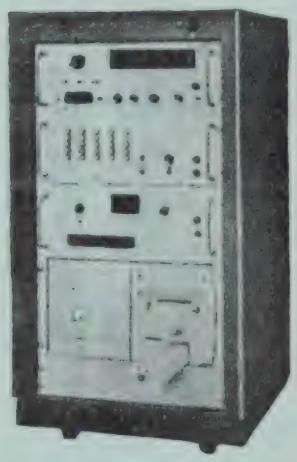
THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

HEWLETT  **PACKARD**

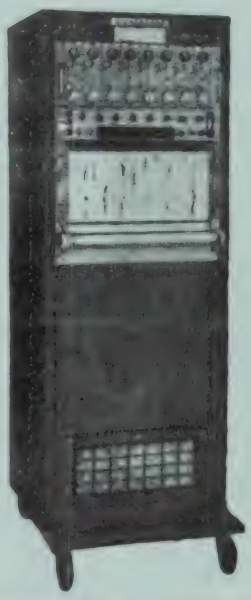
aparelhagem electrónica de medida e registo

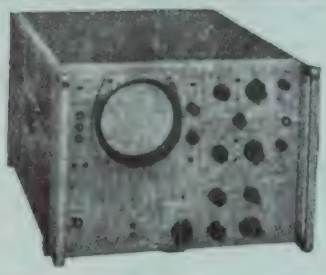
Osciloscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

Registador digital Dymec



Registador Sanborn





Osciloscópio HP

Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.

EMBRAIAGENS RENOLD SPRAG

A mais compacta roda livre inventada até agora

Uma embraiagem Sprag é mais pequena do que qualquer outro sistema de roda livre para um mesmo esforço (momento torsor).
Permite o movimento de rotação num só sentido parando no sentido inverso sem qualquer folga (escorregamento).
É totalmente silenciosa ao trabalhar.

Satisfaz completamente em três aplicações:

MOVIMENTO DIVISOR

A variação é infinitamente regulável, com alta precisão nos pontos de paragem, sem escorregamento e totalmente silenciosa.

ROTAÇÃO LIVRE

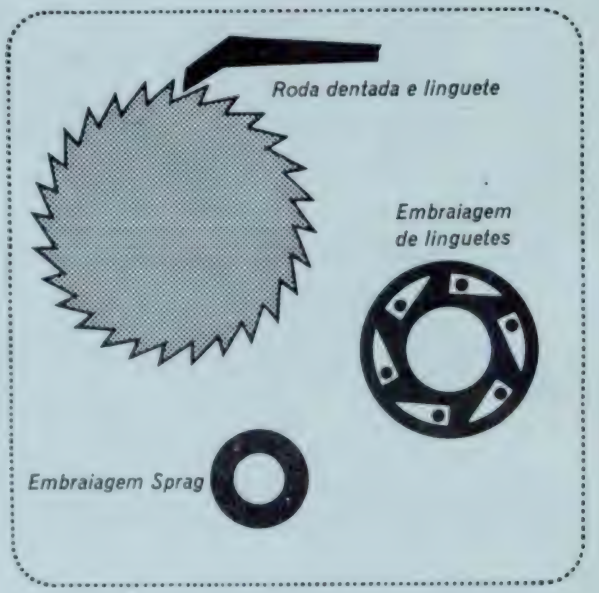
A altas velocidades, por períodos longos, a fricção é diminuta com um desgaste mínimo.

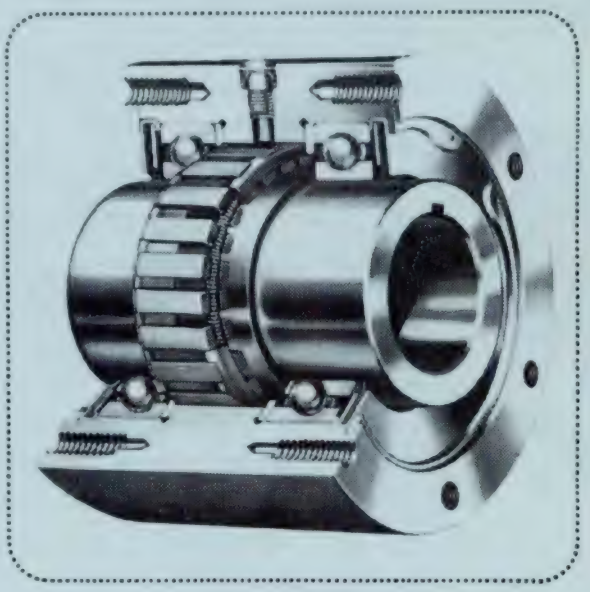
SEM RETROCESSO

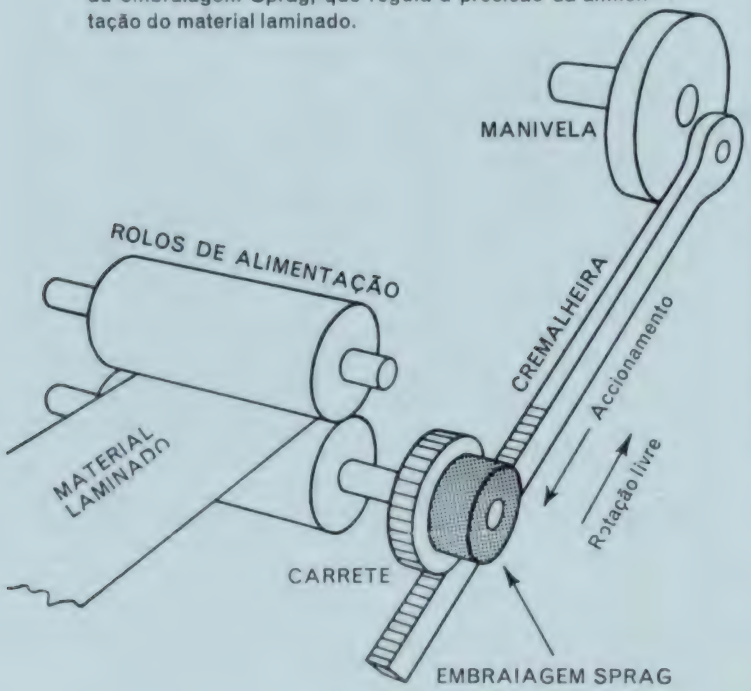
Frenagem instantânea ao retroceder, sem qualquer choque ou escorregamento.

UM EXEMPLO, ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE BALANCÉ (MOVIMENTO DIVISOR)

Uma cremalheira, com movimentos alternados obtidos por uma manivela ajustável que dá uma rotação por golpe de balancé, engrena num carrete montado na parte exterior da embraiagem Sprag, que regula a precisão da alimentação do material laminado.







Para informações ou entregas escreva, visite ou telefone:

HARKER, SUMNER & Ca., Lda.

PORTO: 38, Rua de Ceuta, 48
Apartado No. 162
Tel: 27054-P.P.C. (4 linhas)

LISBOA-2: 14, Largo do Corpo Santo, 18
Tel: 324823-35124

RENOLD CHAINS LIMITED · MANCHESTER · INGLATERRA

técnica

NUMERO 360 * JULHO DE 1966 * ANO XLI * VOL. XXVIII * DIRECTOR: ASSIS FARINHA MARTINS

C. D. U. 624.131.25

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS FORMAÇÕES ROCHOSAS PERANTE OS PROBLEMAS DA ENGENHARIA CIVIL

por J. M. RESSURREIÇÃO NETO
Engenheiro Civil (U. P.)

(Conclusão)

4 — CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS MACIÇOS ROCHOSOS. SUA DETERMINAÇÃO *IN SITU*

Para obviar a alguns inconvenientes dos resultados obtidos sobre simples amostras, provenientes do maciço rochoso, encontram-se bastante generalizados os ensaios de carga *in situ*. Assim se pretendem eliminar algumas dificuldades provenientes não só da amostragem mas ainda dos traumatismos a que os testemunhos são submetidos no decurso das diferentes operações de corte.

Os ensaios *in situ* apenas visam a determinação da deformabilidade do maciço (eventual módulo de elasticidade) uma vez que as medições do coeficiente de *Poisson* e da tensão de rotura por compressão são postos de parte, em face das dificuldades técnicas encontradas para determinação destas características físicas sob tais condições de ensaio.

Por vezes procede-se ainda, de uma maneira um tanto ou quanto problemática e pouco concludente, à determinação da tensão de corte (τ) e do ângulo de atrito interno (φ) da rocha, com o intuito de comparar os valores obtidos, por esta via, com os resultados de ensaios triaxiais realizados em laboratório e conduzidos sobre amostras cilíndricas provenientes da sondagem mecânica.

As determinações da deformabilidade da rocha *in situ* são realizadas através da aplicação directa de cargas estáticas, ou por intermédio de cargas dinâmicas, conduzindo respectivamente a um módulo de elasticidade estático (E) ou dinâmico (E_d).

Qualquer destas determinações é baseada na teoria da elasticidade, tal como acontece com os ensaios conduzidos sobre testemunhos. Consistem, fundamentalmente, na medição do deslocamento de determinada superfície do maciço rochoso, sob a acção de um sistema de forças bem conhecido, ou na determinação da velocidade de propagação de uma onda elástica através do terreno em estudo.

4.1 — Ensaios de carga conduzidos à superfície do terreno

O maciço rochoso a ensaiar é, teòricamente, considerado como um sólido semi-indefinido, devendo satisfazer tanto quanto possível a esta condição de modo a que possam ser evitadas algumas causas de erro, motivadas por tal circunstância, por vezes difíceis de controlar.

O sistema de carga (fig. 9) é geralmente materializado por intermédio de uma estrutura resistente, apoiada em pontos suficientemente afastados da área a carregar, formando um contentor de materiais (areia, terra, lingotes de aço,

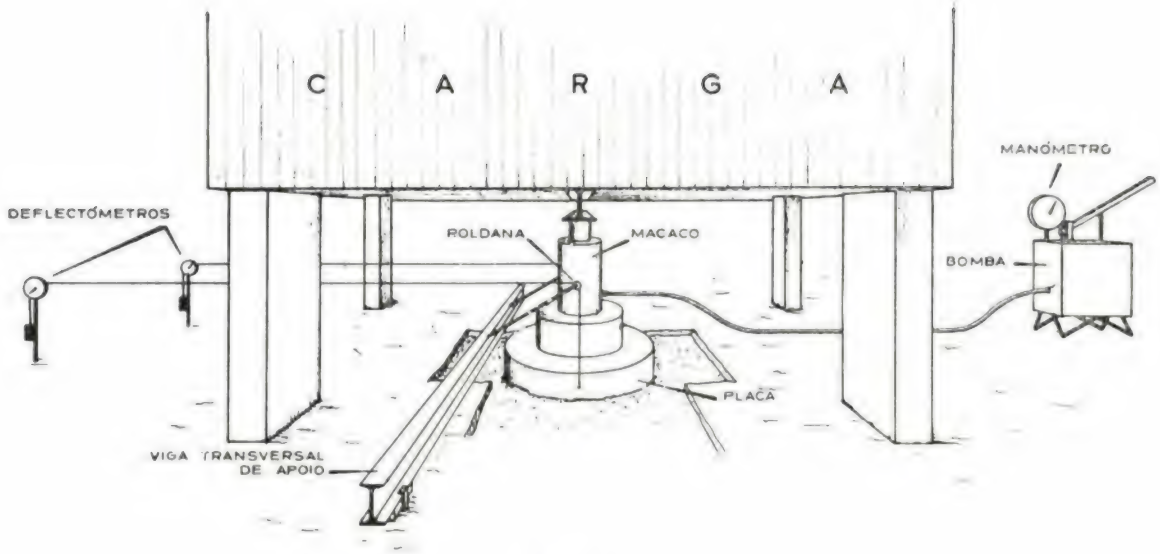


Fig. 9

etc.) com um peso ligeiramente superior ao valor da máxima força a aplicar sobre o maciço.

Um sistema de macacos hidráulicos, intercalados entre a estrutura anteriormente referida e a superfície da rocha, permitem efectuar as diferentes operações de carga e descarga de acordo com as múltiplas necessidades do ensaio.

A transmissão das cargas à rocha é geralmente realizada por intermédio de uma placa circular, infinitamente rígida (aço) ou bastante flexível (almofadas de chapa de aço cheias de óleo, simples folhetos de borracha, etc.) para satisfazer, tanto quanto possível, as expressões da teoria da elasticidade deduzidas para cada caso, as quais permitem calcular o módulo de elasticidade do maciço em função do diâmetro da superfície de carga, da tensão aplicada no ensaio, do coeficiente de Poisson do material (μ) e do deslocamento verificado a meio da área carregada.

O ensaio consiste na aplicação de diferentes cargas registando simultâneamente os correspondentes deslocamentos verificados a meio da superfície carregada, por intermédio de deflectómetros ligados a pontos suficientemente afastados para que possam ser considerados como pertencendo a um sistema fixo de referência.

No caso da transmissão das tensões à rocha ser realizada por intermédio de uma placa circular e flexível, o módulo de elasticidade será dado pela expressão,

$$E = \frac{p\,r\,(1-\mu^2)}{\delta_0} \qquad (8)$$

em que,

E — módulo de elasticidade do maciço rochoso ($kg\,.\,cm^{-2}$)

μ — coeficiente de *Poisson* ($\simeq$ 0,20)

r — raio do círculo de carga (cm)

p — pressão aplicada sobre o círculo de carga ($kg\,.\,cm^{-2}$)

δ_0 — deslocamento instantâneo do centro do círculo de carga (cm)

Por sua vez no caso da transmissão das tensões à rocha ser efectuada por intermédio de uma placa rígida, os valores de E são dados por uma expressão do tipo,

$$E = \frac{k\,p\,r\,(1-\mu^2)}{\delta_0} \qquad (9)$$

A expressão (9) é idêntica a (8). Apenas introduz a constante $k = 1{,}57$ correspondente às alterações provocadas pela rigidez da placa utilizada no sistema de carga.

Os valores de E dados pelas expressões (8) e (9) pressupõem a hipótese do terreno a ensaiar ser homogéneo, isótropo, perfeitamente elástico e que o sólido semi-indefinido se encontra isento de qualquer campo de tensões, além daquele que lhe é imposto pelas próprias condições do ensaio. Terrenos nestas condições só podem ser encontrados em casos muito particulares e por vezes mal conhecidos.

Por outro lado a heterogeneidade estatística do terreno, em face das reduzidas dimensões da

área carregada, é bastante acentuada, ao mesmo tempo que o maciço rochoso só ràramente poderá estar liberto de eventuais campos de tensões residuais, cujas origens já foram anteriormente mencionadas.

Como fàcilmente se compreende, a existência de um campo de tensões residuais ($P_x = P_y$), normal à tensão de ensaio (P_z), altera completamente os deslocamentos observados δ_0 e por conseguinte os valores de E calculados através das expressões (8) e (9). Tal circunstância é agravada pela dificuldade prática de aplicar elevadas tensões em grandes áreas, dado que as forças a utilizar aumentam muito ràpidamente, tornando o ensaio pouco expedito e pouco económico, em face das dimensões e do custo da estrutura utilizada no sistema de carga.

Pelas razões apontadas, os valores de E dados pelas expressões (8) e (9) traduzem, na maior parte dos casos da prática, *um módulo de elasticidade aparente* ([5]) o qual depende da zona ensaiada, das condições do ensaio, do tempo de aplicação da carga, etc., contràriamente ao que acontece com o verdadeiro módulo de elasticidade, tal como é definido na lei de *Hooke*.

Os valores de E, não sendo uma função linear das tensões aplicadas e dependendo do tempo de aplicação da carga, surgem-nos sob a forma de uma família de curvas $E = f(\sigma, t)$ cujo andamento depende da natureza intrínseca do próprio maciço, tal como acontece com os ensaios laboratoriais conduzidos sobre amostras de rocha.

Daqui resultam importantes consequências de ordem prática relacionadas com a utilização dos resultados. Contràriamente ao que muitas vezes acontece, os valores obtidos em cada ensaio de carga não podem ser extrapolados a outras áreas sem se correrem os riscos inerentes a qualquer julgamento de carácter pessoal.

De qualquer modo os resultados experimentais têm indiscutível valor prático nas próprias zonas ensaiadas e para uma aplicação de esforços do tipo dos que foram utilizados nos ensaios de carga.

([5]) — Na presente publicação é introduzida na literatura técnica a designação de *módulo de elasticidade aparente*. Corresponderá a um módulo de elasticidade determinado com base em conceitos teóricos e hipóteses fundamentais só parcialmente satisfeitos pela natureza do material ou pelas próprias condições de realização dos ensaios.

Embora os ensaios de carga executados à superfície do terreno constituam um esquema de trabalho bastante representativo das hipóteses teóricas, ràramente se utilizam em face das dificuldades originadas pela materialização de um sistema de carga capaz de produzir forças superiores a 300 toneladas.

Por tal motivo, os ensaios *in situ* são normalmente realizados no interior de poços ou galerias abertos através do maciço rochoso, o qual continua a ser indevidamente considerado como um sólido semi-indefinido. Neste caso, o sistema de carga é fàcilmente realizado, através da utilização de macacos hidráulicos apoiados de encontro às paredes dos poços ou das galerias consideradas agora como superfícies limite de sólidos semi-indefinidos.

Noutros casos um troço da galeria de ensaios é tamponado, cheio de água e metido em carga por intermédio de uma pressão hidrostática capaz de deformar a superfície rochosa do contorno, de modo a que os deslocamentos radiais possam ser observados com suficiente precisão.

4.2 — Ensaios em galerias carregadas com água sob pressão

Uma das aplicações em que o conhecimento da deformabilidade de maciços rochosos apresenta maior interesse prático, encontra-se relacionada com o dimensionamento dos revestimentos de betão das galerias de pressão dos aproveitamentos hidroeléctricos. Como fàcilmente se compreende a estabilidade desses revestimentos depende da deformabilidade do contorno do maciço rochoso que lhes serve de fundação. A contribuição que o maciço vai fornecer para a segurança do revestimento depende fundamentalmente, da relação dos módulos de elasticidade do betão e da rocha E_b/E_r. Para um valor de $E_r = 0$ e $E_b > 0$, todos os esforços provenientes da pressão existente no interior da galeria são suportados pelo revestimento da mesma. Para valores de $E_r > 0$, uma parte desses esforços são transferidos para a rocha de tal modo que, para $E_r > E_b$, a mesma passa a contribuir de uma maneira bastante decisiva para a estabilidade do revestimento, conduzindo a soluções extraordinàriamente económicas. Sob determinadas condições poderá mesmo ser dispensado o emprego de quaisquer armaduras de aço.

O dimensionamento do revestimento das galerias de pressão constitue um caso particular da técnica de funcionamento e utilização do betão armado, dado o facto da segurança da obra não permitir o estabelecimento de quaisquer fissuras que possam provocar perdas de água e os consequentes fenómenos de erosão, sub-pressões no interior do maciço rochoso, etc. Por tal motivo o revestimento só poderá suportar extensões inferiores às extensões de rotura do betão à tracção ($1{,}5 \times 10^{-4}$) o que conduz a um aproveitamento pouco económico do aço. As armaduras não poderão suportar, neste caso, tensões superiores a 300 $kg.cm^{-2}$ o que conduz à utilização de percentagens de aço muito elevadas.

Daqui resulta toda a importância económica do problema, acrescida do facto das galerias de pressão atingirem, por vezes, algumas dezenas de quilómetros de extensão, atravessando terrenos com características mecânicas bastante variadas

Da resolução de problemas deste tipo têm resultado os maiores incentivos para o desenvolvimento de alguns métodos de ensaio relacionados com a determinação das características mecânicas dos maciços rochosos. Deste modo foram desenvolvidas técnicas de ensaio que consistem em tamponar troços de galerias cilíndricas de pequeno diâmetro, submetê-las a uma carga hidrostática, com medição simultânea dos deslocamentos radiais do contorno em função das pressões aplicadas. Os valores de E são posteriormente calculados a partir da teoria da elasticidade, fixando o valor do coeficiente de *Poisson* em cerca de 0,20.

Neste tipo de ensaio as forças aplicadas são idênticas às do protótipo e tudo se passa como se na realidade se tratasse de um autêntico ensaio sobre modelo reduzido.

Têm sido realizados alguns ensaios de pressão no interior de galerias de secção circular fazendo medições de deformações diametrais, geralmente em 3 direcções a 120°.

Tal como se apresenta na fig. 10, a teoria da elasticidade fornece-nos as tensões σ_r e σ_θ desenvolvidas num ponto à distância r do eixo de um cilindro de raio interior a e raio exterior b, quando solicitado por uma pressão interior p, as quais são dadas pelas expressões,

$$\sigma_r = \frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(1 - \frac{b^2}{r^2}\right)$$
$$\sigma_\theta = \frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right) \qquad (10)$$

No caso de se tratar de um sólido indefinido contendo uma galeria cilíndrica, submetida a uma pressão interior p, as tensões no contorno obtêm-se de (10) fazendo $b = \infty$

Neste caso teremos:

$$\sigma_r = \lim_{b=\infty} \frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(1 - \frac{b^2}{r^2}\right) = -p\,\frac{a^2}{r^2}$$
$$\sigma_\theta = \lim_{b=\infty} \frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right) = p\,\frac{a^2}{r^2} \qquad (11)$$

A extensão na direcção radial será dada por (4)

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}\left(\sigma_r - \mu\sigma_\theta\right) = -\frac{1+\mu}{E}\,\frac{a^2 p}{r^2} \qquad (12)$$

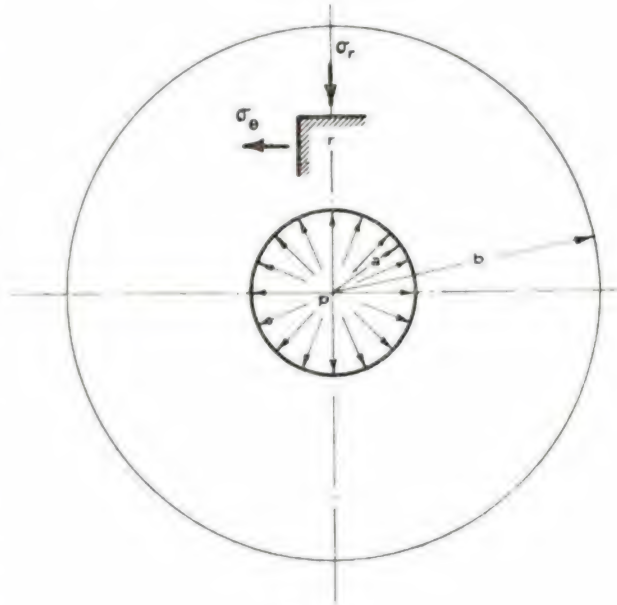


Fig. 10

Deste modo o deslocamento radial da rocha num ponto da superfície da galeria será dado por:

$$\delta = \int_a^{\infty} \varepsilon_r \, dr = \frac{1+\mu}{E}\, a p \qquad (13)$$

Atendendo a que o deslocamento diametral da galeria (δ) é igual a $2\delta'$ e que o diâmetro d é igual a $2a$, teremos;

$$E = \frac{p\,d\,(1+\mu)}{\delta} \qquad (14)$$

Para que a expressão (14) seja aplicável à determinação do módulo de elasticidade de um maciço rochoso indefinido, torna-se necessário que,

1.º — A rocha possa ser considerada estatìsticamente homogénea, isótropa e perfeitamente elástica.

2.º — O comprimento do troço da galeria de ensaios seja superior a 3 diâmetros para evitar apreciáveis erros na determinação de 8.

3.º — A rocha apresente uma resistência à tracção, tal que possa suportar as tensões σ_θ, as quais atingem na periferia da galeria um valor p, tal como se deduz da expressão (11).

A título de exemplo apresenta-se na fig. 11 o esquema geral de uma montagem utilizada na prospecção elástica de maciços rochosos por intermédio de galerias carregadas com água sob pressão. Os aparelhos de medida são constituídos por extensómetros de corda vibrante (tipo *Coyne*), equipados com sistemas de equilíbrio de pressões e leitura a distância. Estes aparelhos são ligados às paredes da galeria por intermédio de barras de *invar* reduzindo assim ao mínimo os erros provenientes de variações de temperatura.

A galeria ensaiada, com um comprimento de 7,0 m e um diâmetro de 1,93 m, foi cheia de água e submetida a diferentes pressões até 6 kg.cm^{-2}. Os deslocamentos máximos verificados instantâneamente, sobre o contorno rochoso e para a pressão de 6 kg.cm^{-2}, foram de 0,106 mm.

Os módulos de elasticidade do maciço, para diferentes pressões aplicadas, segundo 3 direcções a 120°, encontram-se no quadro da fig. 12 e foram calculados através da expressão (14) fixando o valor de μ em 0,20.

Trata-se de uma formação de *Gneisses* que constituem o terreno de fundação da galeria de pressão do aproveitamento hidroeléctrico de Biópio (Angola). Os valores obtidos para E são bastante elevados, para o que deve ter concorrido não só

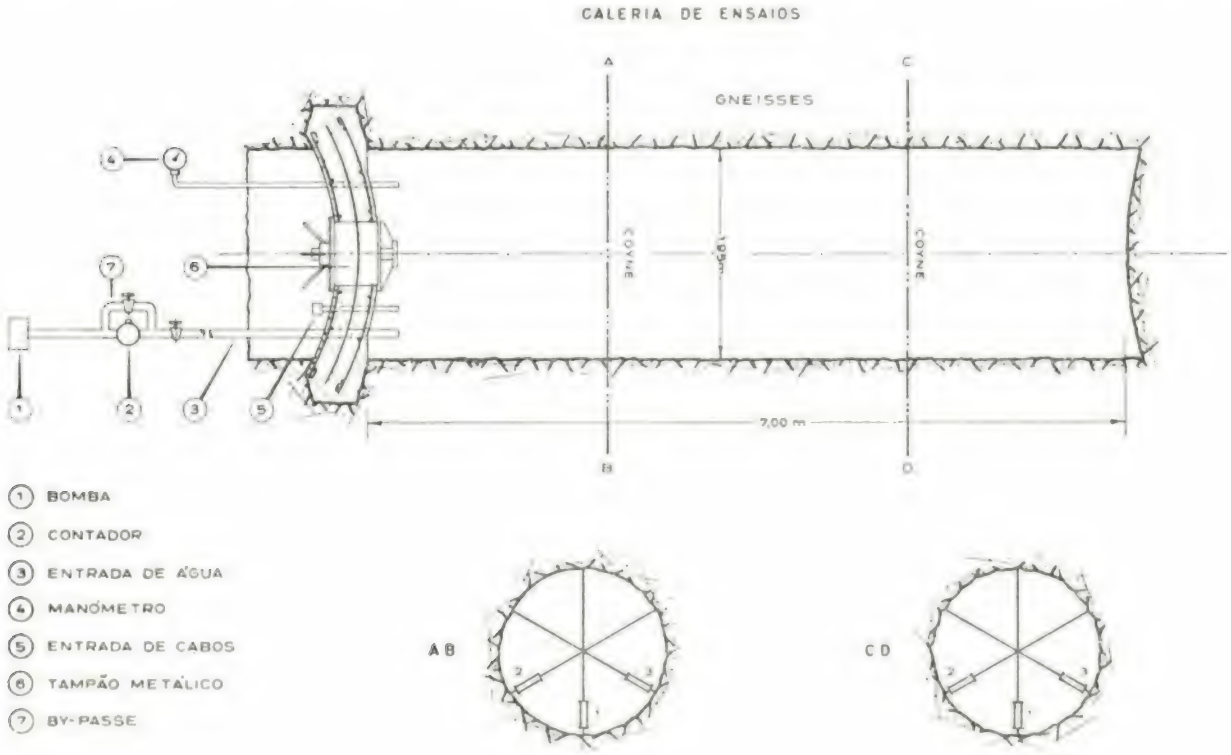
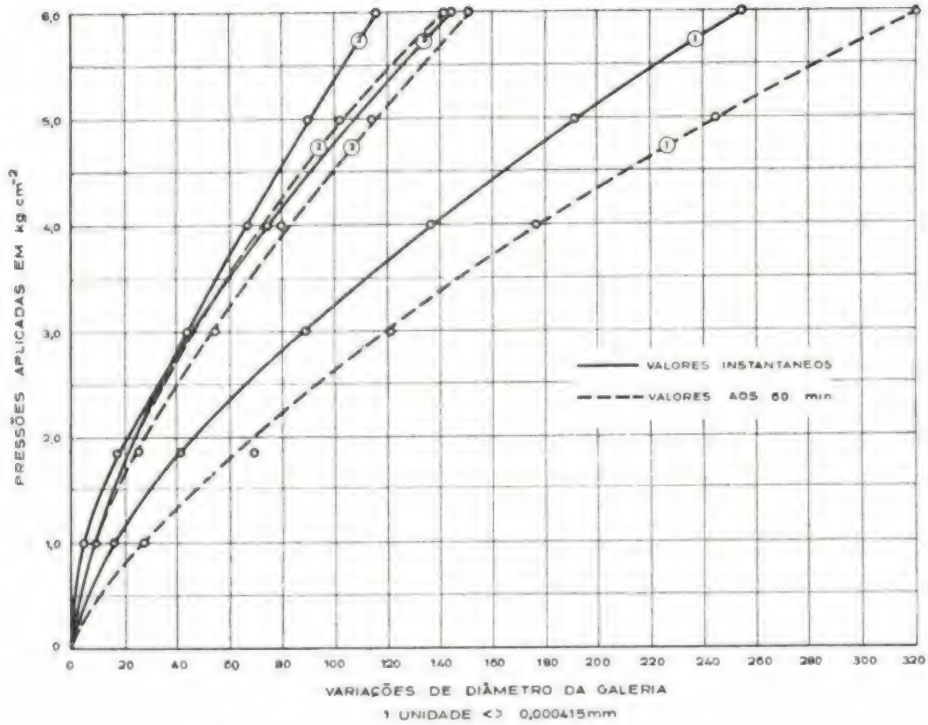
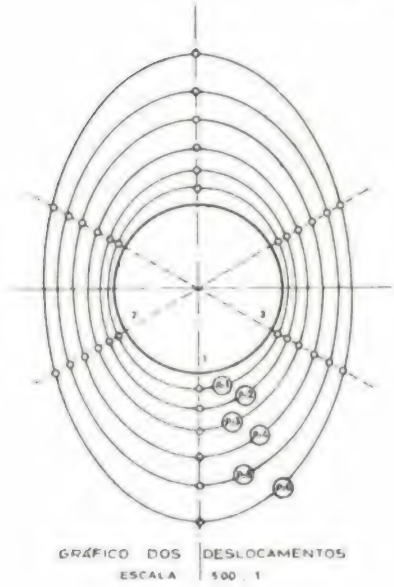


Fig. 11





PRESSÕES APLICADAS (kg cm-2)	MÓDULOS DE ELASTICIDADE EM kg cm-2		
	EXT 1	EXT 2	EXT 3
1,0	300 000	540 000	675 000
2,0	225 000	419 000	450 000
3,0	190 000	368 000	352 000
4,0	160 000	327 000	292 000
5,0	140 000	300 000	255 000
6,0	128 000	284 000	231 000

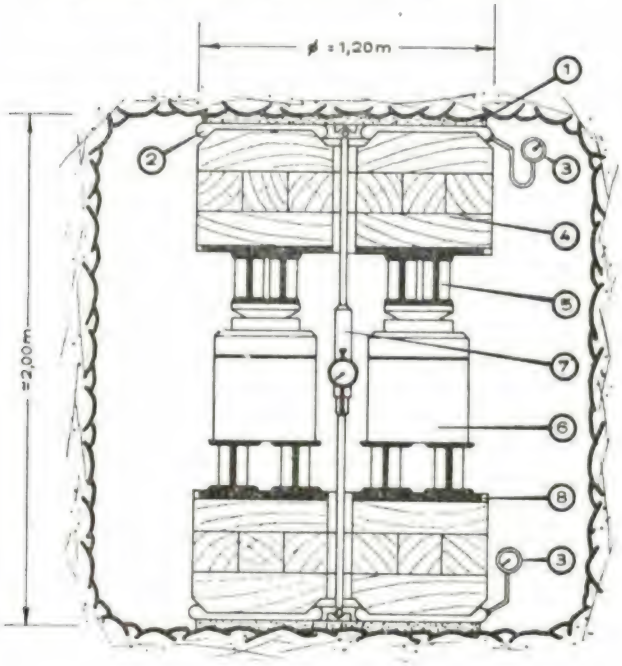
Fig. 12

a boa qualidade da rocha mas ainda o facto do maciço ter sido injectado com calda de cimento.

Para evitar fugas de água, não só através da zona limite do tampão de betão armado mas ainda através do próprio terreno, o que eliminaria as hipóteses teóricas do sistema de carga, a galeria foi prèviamente revestida com tijolo maciço, os vazios preenchidos com areia fina, de modo a permitir criar uma contra pressão de injecção que tornasse possível a penetração da calda nas eventuais fissuras existentes no terreno. Posteriormente o revestimento de tijolo foi destruído e todo o contorno interior da galeria pintado com um produto asfáltico, aplicado a quente, para aumentar a eficiência da impermeabilização.

Os resultados apresentados na fig. 12 mostram uma deformabilidade mais elevada na direcção vertical o que, de certo modo, poderá ser explicado pela existência de uma descompressão mais acentuada do terreno nesse sentido e a que fa-

remos referência na sequência do presente trabalho. De igual modo se observa uma acentuada deformação do material em função do tempo de aplicação da carga (efeito de *fluência*).



(1) ARGAMASSA
(2) ALMOFADAS METÁLICAS COM ÓLEO
(3) MANÓMETRO
(4) ENCHIMENTO (MADEIRA)
(5) PERFIS METÁLICOS (I)
(6) MACACO HIDRÁULICO
(7) ELONGÂMETRO
(8) CHAPA DE AÇO

Fig. 13

Ensaios deste tipo, quando utilizados no estudo de terrenos atravessados por galerias de pressão, são bastante concludentes e significativos embora se possam levantar certos problemas quanto à viabilidade da sua extrapolação.

O mesmo não se poderá dizer quando se trata do terreno de fundação de uma barragem de betão, dada a divergência entre a natureza das solicitações impostas pela obra e as que são utilizadas na realização do ensaio.

O seu principal inconveniente reside no facto de serem muito demorados, bastante dispendiosos, e de difícil aplicação no caso de se tratar de um terreno muito deformável ou exibindo acentuadas heterogeneidades.

Acontece no entanto que na maior parte das aplicações práticas só interessa a determinação de módulos de elasticidade em terrenos cuja deformabilidade se situa abaixo da do betão, o que levanta sérios problemas, a este tipo de ensaio, especialmente no que se refere à estanqueidade do conjunto. Uma simples fuga de água através de um sistema de fissuras ou diaclases existentes no terreno introduz, além de algumas alterações no teor de humidade do maciço, uma distribuição de cargas impossível de controlar e que certamente se afasta bastante das condições teóricas da equação (14) utilizada no cálculo dos valores de E.

4.3 — Ensaios de carga, com macacos hidráulicos, conduzidos no interior de galerias

Têm sido realizadas algumas montagens reproduzindo esforços idênticos aos que se verificam nas galerias carregadas com água sob pressão, permitindo evitar as infiltrações através do maciço rochoso, e tornando possível a constante observação do comportamento dos aparelhos de medida durante todas as fases do ensaio.

Tais sistemas são constituídos por um elevado número de macacos hidráulicos, radialmente dispostos ([6]) e descarregando os esforços produzidos, sobre almofadas flexíveis colocadas em todo o perímetro da galeria e ao longo de um comprimento bem determinado. As variações de diâmetro da galeria, em função das pressões aplicadas, são simultâneamente medidas por intermédio de elongâmetros de elevada precisão.

Estas montagens embora sejam consideradas tècnicamente aperfeiçoadas no que se refere ao sistema de carga, não têm obtido uma grande generalização. O seu elevado custo, o tempo gasto na instalação e uma fraca versatilidade na aplicação da montagem, a galerias de diferentes diâmetros, tornam a sua utilização pouco recomendável.

Por tal motivo o ensaio que mais se tem generalizado, na determinação de características elásticas no interior de maciços rochosos, consiste em considerar o contorno da galeria como se na realidade se tratasse de um sólido semi-indefinido ($r = \infty$), utilizando um sistema de carga bastante simplificado constituído por macacos hi-

([6]) — *Mechanical Characteristics of Mountain Masses* — by Djordje Lazarevic and Branislav Kujundzic — Beograd 1945

dráulicos solicitando simultâneamente 2 áreas diametralmente opostas tal como se apresenta na fig. 13. Os esforços desenvolvidos pelos macacos hidráulicos são transmitidos a áreas bem determinadas do maciço rochoso por intermédio de placas rígidas ou flexíveis, de modo a possibilitar o cálculo de E através da utilização das expressões (8) e (9).

Estes ensaios são bastante expeditos e permitem uma aplicação de cargas da mesma ordem de grandeza das da própria obra, razão porque têm sido utilizados num grande número de estudos. No entanto os resultados a que conduzem podem ser sèriamente criticados, ao ponto de se afirmar que a precisão dos valores de E, obtidos por esta via, não ultrapassa as grosseiras aproximações fornecidas através de uma simples observação visual.

Nas figs. 14 e 15 apresentam-se alguns resultados obtidos através de ensaios deste tipo, conduzidos respectivamente sobre os terrenos de fundação das barragens de Bouçã (Zêzere) e de Picote (Douro).

Os resultados da fig. 14 correspondem a uma formação xistosa (xistos cristalinos das Beiras) com forte alteração em massa, enquanto os da fig. 15 correspondem a um terreno granítico de grão grosseiro e pouco alterado.

4.4 — Análise crítica dos resultados obtidos em ensaios de carga conduzidos no interior de galerias

Contràriamente ao que vulgarmente se costuma fazer, e independentemente das múltiplas razões anteriormente apontadas, os resultados dos módulos de elasticidade, obtidos no interior de galerias e calculados através da utilização das expressões 8, 9 e 14, não podem ser considerados como válidos, uma vez que se reconheça a existência de um estado de tensão residual instalado no maciço rochoso. Tal estado de tensão está sempre presente, no que respeita a forças de massa, e, em circunstâncias especiais, poderá atingir valores muitíssimo elevados. Deste modo, os resultados obtidos no interior de galerias não correspondem a módulos de elasticidade reais. Traduzem um simples valor da deformabilidade da rocha no local do ensaio, não permitindo realizar quaisquer extrapolações para outras zonas, mesmo que a rocha aí apresente idênticas características físicas.

Tal discordância de resultados poderá ser comprovada, em primeira aproximação, através da própria teoria da elasticidade.

De acordo com as equações de *Kirsch* (7), a simples abertura de uma galeria de secção circular num maciço rochoso sujeito à simples acção de forças de massa P_z, dará origem a um equilíbrio plano, tal como se apresenta na fig. 16. As tensões num ponto S de coordenadas (r, θ) serão dadas por,

$$\sigma_r = \frac{P_z}{2}\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right) + \frac{P_z}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{r^4} - \frac{4R^2}{r^2}\right)\cos 2\theta$$

$$\sigma_\theta = \frac{P_z}{2}\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) - \frac{P_z}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{r^4}\right)\cos 2\theta \qquad (15)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{P_z}{2}\left(1 - \frac{3R^4}{r^4} + \frac{2R^2}{r^2}\right)\operatorname{sen} 2\theta$$

em que,

r, θ — coordenadas polares do ponto S tomando a origem de θ no eixo dos zz.

R — raio da galeria.

P_z — campo de tensões, distribuído uniformemente segundo Oz.

σ_r e σ_θ — tensões normais, radial σ_r) e tangencial (σ_θ).

$\sigma_{r\theta}$ — tensão tangencial existente no plano (r,θ).

As equações (15) foram deduzidas para um estado de equilíbrio plano, sendo aplicáveis no caso presente em virtude do campo de tensões actuar em planos normais ao eixo de galeria.

Como as condições de contorno não permitem livres deslocamentos segundo o eixo da galeria (y), teremos ainda que considerar as tensões σ_y, normais a σ_r e σ_θ, as quais terão o valor

$$\sigma_y = \mu\ (\sigma_r + \sigma_\theta) \qquad (16)$$

Dado que μ representa o coeficiente de *Poisson* da rocha (0,1 a 0,30), as tensões σ_y nunca atin-

(7) — Deduzidas por *KIRSCH* em 1898 — Vide *S. Timoshenco* e *Goodier*, 1951 pág. 80.

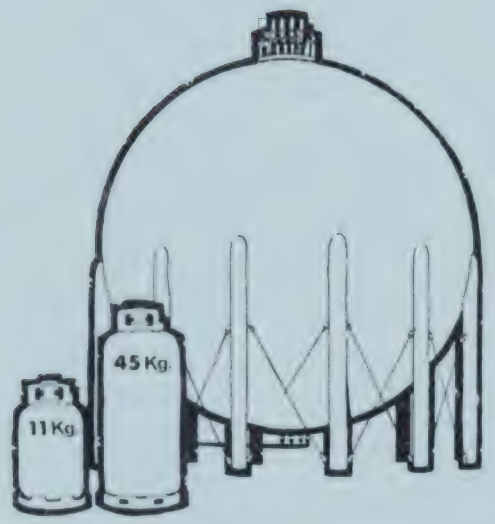
MAGUE

Ponte Rolante Eléctrica de 25t/30m, com colher, em serviço nas instalações da Companhia Cimento Tejo, em Alhandra.

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L.

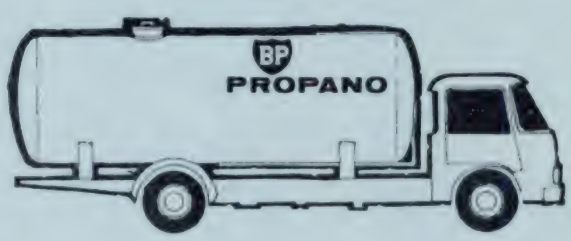
ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL



BP PROPANO

energia para a indústria

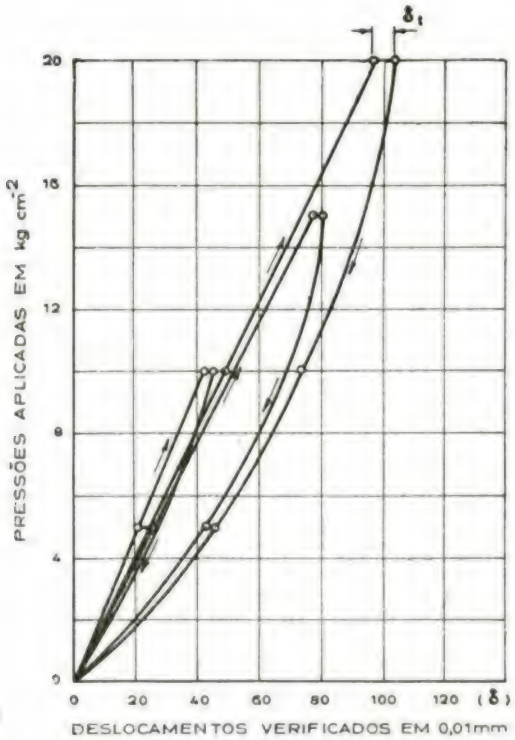
abastecimentos em garrafas de 11kg, 45kg e a granel



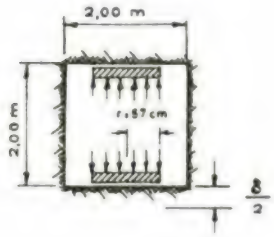
seja qual for
o seu
tipo de indústria
os nossos serviços
técnicos
estão ao seu dispor
para
estudar e projectar
a instalação
e aplicação
do BP propano

garantia de larga experiência

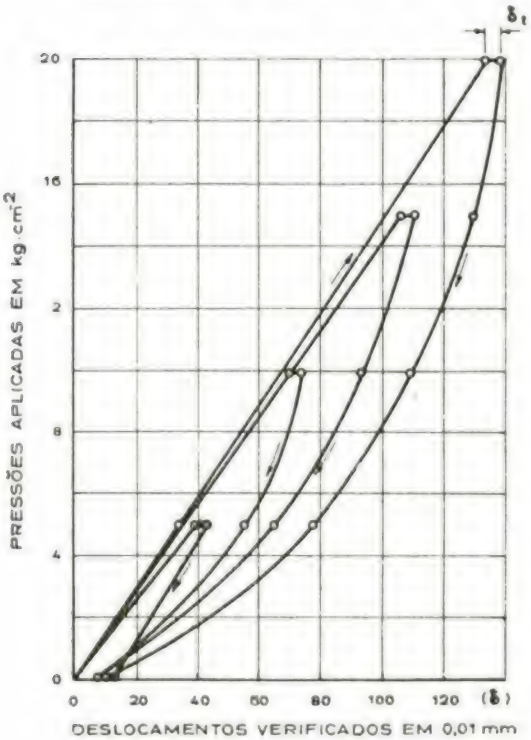
COMPANHIA PORTUGUESA DOS PETRÓLEOS BP
Praça Marquês de Pombal, n' 13, Lisboa - tel. 539531



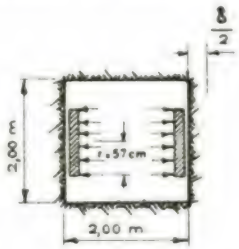
ENSAIO NA VERTICAL



P kg.cm-2	VALORES DE E kg.cm-2	
	t = 0	t = 20 m
5	26 500	25 300
10	25 800	20 500
15	21 700	21 300
20	22 600	21 700



ENSAIO NA HORIZONTAL

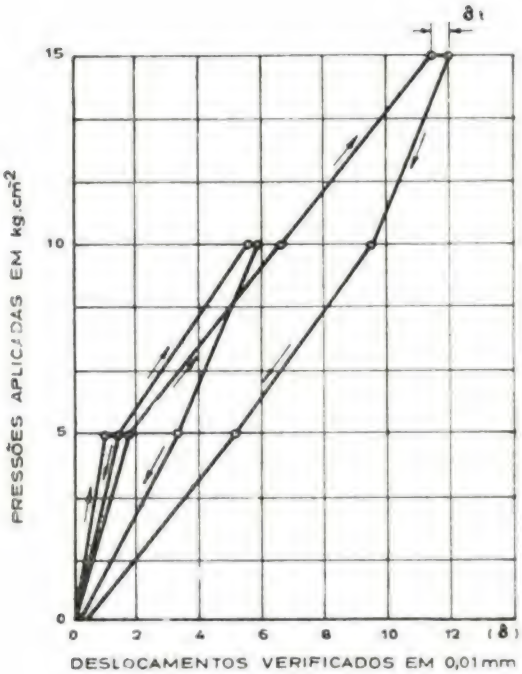


P kg.cm-2	VALORES DE σ kg.cm-2	
	t = 0	t = 20 m
5	14 500	13 300
10	16 500	15 100
15	15 900	15 500
20	16 500	15 100

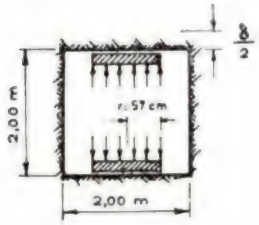
Fig. 14

girão valores muito elevados, em face de σ_r e σ_θ, razão porque na maior parte das aplicações práticas não são consideradas.

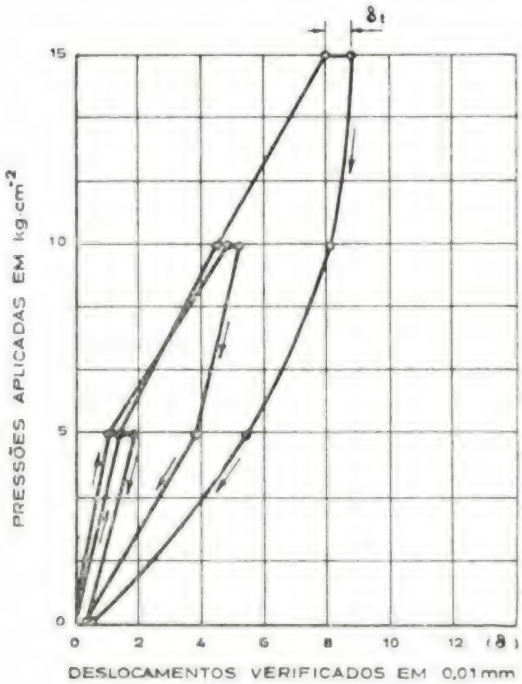
Se os esforços instalados no maciço têm outra origem e orientação que não seja a das simples forças de massa, poderemos considerar a hipótese da existência de um campo de tensões uniforme e horizontal P_x tal como se apresenta na fig. 17. Neste caso as expressões 15 podem ainda ser utilizadas para calcular os esforços no



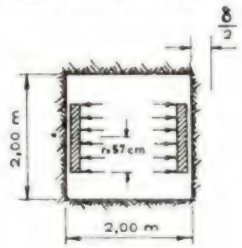
ENSAIO NA VERTICAL



P kg.cm^{-2}	VALORES DE E kg.cm^{-2}	
	t = 0	t = 20 m
5	506 500	327 800
10	199 000	195 500
15	146 600	139 300



ENSAIO NA HORIZONTAL



P kg.cm^{-2}	VALORES DE E kg.cm^{-2}	
	t = 0	t = 20 m
5	420 600	209 500
10	226 400	214 300
15	208 900	192 100

Fig. 15

contorno rochoso da galeria, desde que seja dada uma rotação de 90° aos eixos de referência.

Notando que $-\theta_x = -(90 - \theta)$, teremos

$$\sigma_r = \frac{P_x}{2}\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right) - \frac{P_x}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{r^4} - \frac{4R^2}{r^2}\right)\cos 2\theta$$

$$\sigma_\theta = \frac{P_x}{2}\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) + \frac{P_x}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{r^4}\right)\cos 2\theta \quad (17)$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{P_x}{2}\left(1 - \frac{3R^4}{r^4} + \frac{2R^2}{r^2}\right)\text{sen } 2\theta$$

Na prática não se conhece, *a priori*, o valor e a direcção do campo de tensões P, existente em determinado maciço rochoso, nem se sabe se o mesmo é uniforme. Provàvelmente actuará em todas as direcções com valores que dificilmente

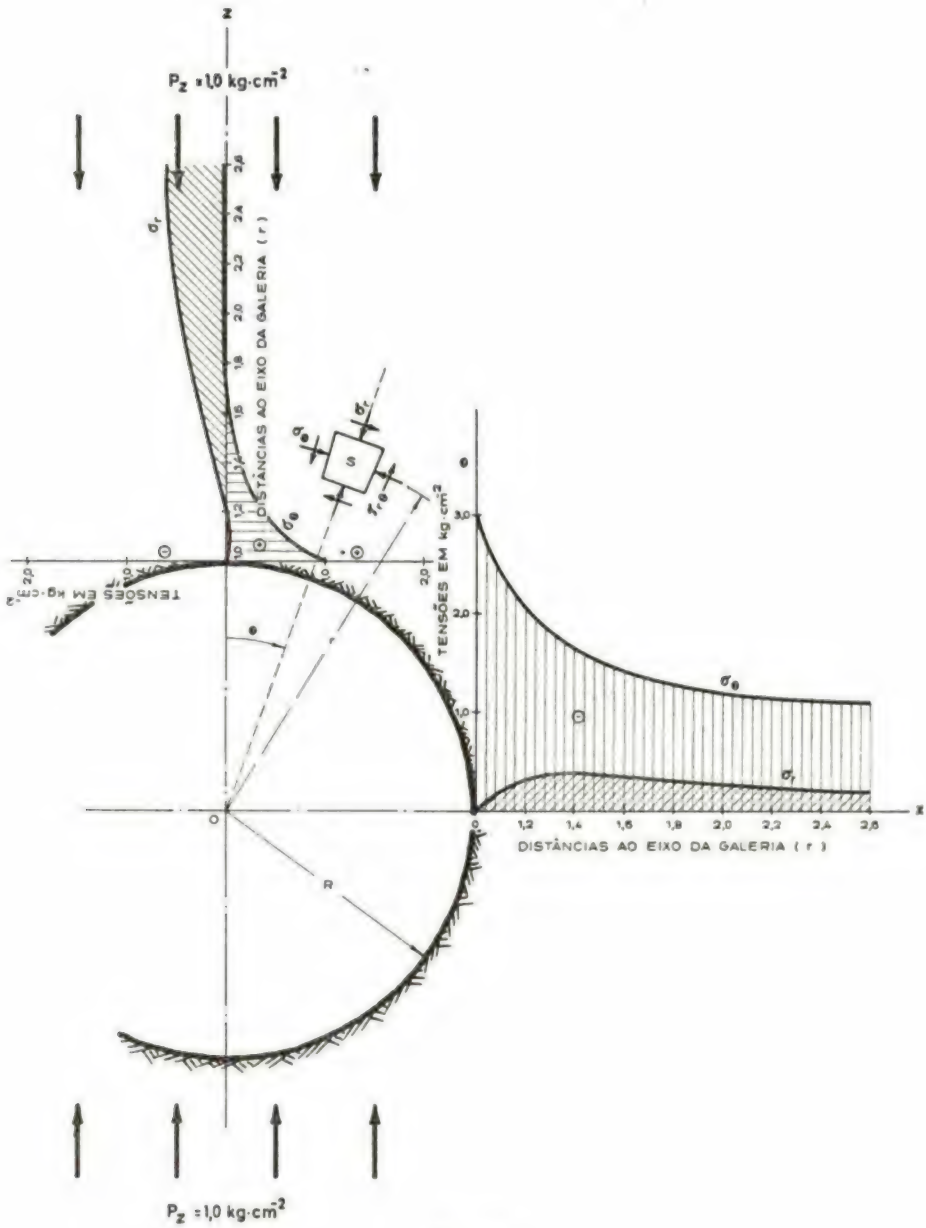


Fig. 16

se poderão estimar sem o risco de se cometerem grandes erros. Tais dificuldades não poderão ser removidas através de simples hipóteses de cálculo, pelo que teremos de lançar mão da elevada potencialidade dos métodos experimentais, efectuando algumas determinações sobre as próprias formações rochosas.

Uma das técnicas mais utilizadas consiste em perturbar o estado de tensão instalada no maciço rochoso indefinido por intermédio do estabelecimento de uma cavidade de forma geométrica bem definida (galeria de secção circular), cuja concentração de tensões na superfície de contorno possa ser fàcilmente calculada por via analítica, dentro de determinadas hipóteses básicas no que se refere ao campo de forças actuantes. Em seguida determina-se experimentalmente o estado de tensão existente nesse contorno e caminha-se em sentido inverso por via analítica, de modo a calcular o valor do campo instalado no interior do maciço antes deste ser perturbado.

As observações experimentais consistem na fixação de extensómetros à superfície da rocha,

libertando-a em seguida do campo de tensões por intermédio de um corte em volta dos aparelhos de medida. As tensões instaladas na superfície da rocha são dadas em função das extensões observadas e do módulo de elasticidade do material, cuja determinação é feita num ensaio de compressão simples realizado separadamente.

$r = R$ ou seja sobre o contorno interior da galeria.

Idênticas considerações poderiam ser feitas para pontos situados no interior do maciço rochoso calculando os valores das tensões aí instaladas, através das expressões (15), fazendo $r > R$.

Quando considerada a teoria de *Heim*, a qual

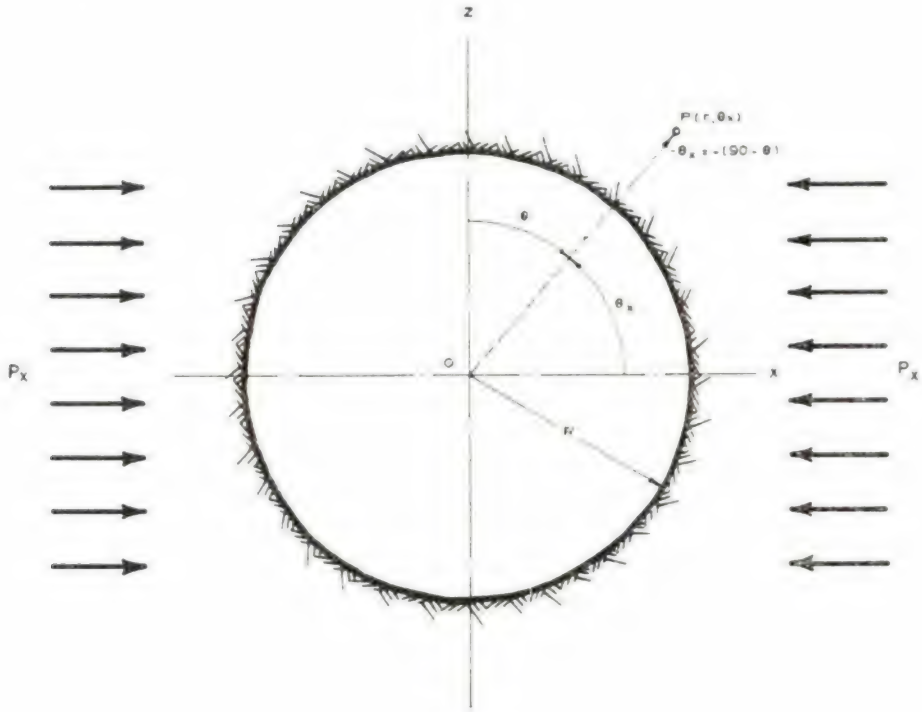


Fig. 17

Uma vez que não é possível medir o estado de tensão residual existente nas formações rochosas sem o alterar, cada determinação carece de um estudo especial, não sendo fácil o estabelecimento de regras fixas que possam ser aplicadas com carácter de generalidade e que ao mesmo tempo conduzam a resultados de elevada precisão.

Pela análise da expressão (15) constata-se que para a hipótese de uma distribuição vertical e uniforme do campo de tensões P_z teremos $\sigma_r = \tau_{r\theta} = 0$ sobre o contorno da galeria, enquanto os valores de σ_θ passam por dois máximos e dois mínimos. Os máximos atingem o valor $3P_z$, para $\theta = \frac{\pi}{2}$ e $\theta = \frac{3\pi}{2}$, enquanto os mínimos se verificam, com o valor $-P_z$, para $\theta = 0$ e $\theta = \pi$.

Deste modo a componente σ_θ pode atingir um valor triplo do campo de tensões existente na rocha, verificando-se o seu máximo para

estabelece que, *a grande profundidade as formações rochosas se comportam, sob a acção do peso próprio, como um material plástico ou mesmo líquido dando origem a uma distribuição hidrostática de tensões*, teremos, $P_z = P_H = p$.

Os correspondentes valores de σ'_r, σ'_θ e $\tau'_{r\theta}$ poderão, neste caso, ser calculados, por sobreposição de efeitos, através da utilização das expressões (15) e (17).

As componentes σ'_θ e σ'_r tornam-se independentes do ângulo θ, variando apenas com r, enquanto o valor de $\tau'_{r\theta}$ se torna igual a zero.

Nestas condições teremos uma distribuição de tensões tal como se apresenta na fig. 18. Em qualquer ponto do contorno da galeria (tal como S) teremos $\sigma_r = \tau_{r\theta} = 0$ e $\sigma_\theta = 2P$. Para pontos exteriores ao contorno, σ_θ decresce com r até atingir o valor da tensão hidrostática existente no maciço rochoso, enquanto σ_r cresce com r até atingir o seu valor máximo P.

O novo Nível automático de engenheiro

WILD NAK 2

com círculo horizontal

WILD
HEERBRUGG

Para nivelamentos de média e grande precisão; com micrómetro de lâmina de faces plano-paralelas para nivelamentos de grande precisão.

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo: ± 1,5 mm

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo com micrómetro: ± 0,4 mm

Luneta de 30 × de aumento com imagem direita de observação

Solicitem catálogo ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA - 2 — TELEFONE 68 11 27

INDUSTRIAIS TEXTEIS

PARA OS VOSSOS MANCHONS, FLANELAS, TRANSPORTADORES,
E TODOS OS TECIDOS TÉCNICOS

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52093-52094
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
R.S.Pedro de Alcântara, 1
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C.P.2178 - Tel.4226

MOÇAMBIQUE
L.Marques - C.P.982 - Tel.741121
Beira - C.P. 1002 - Tel. 71497

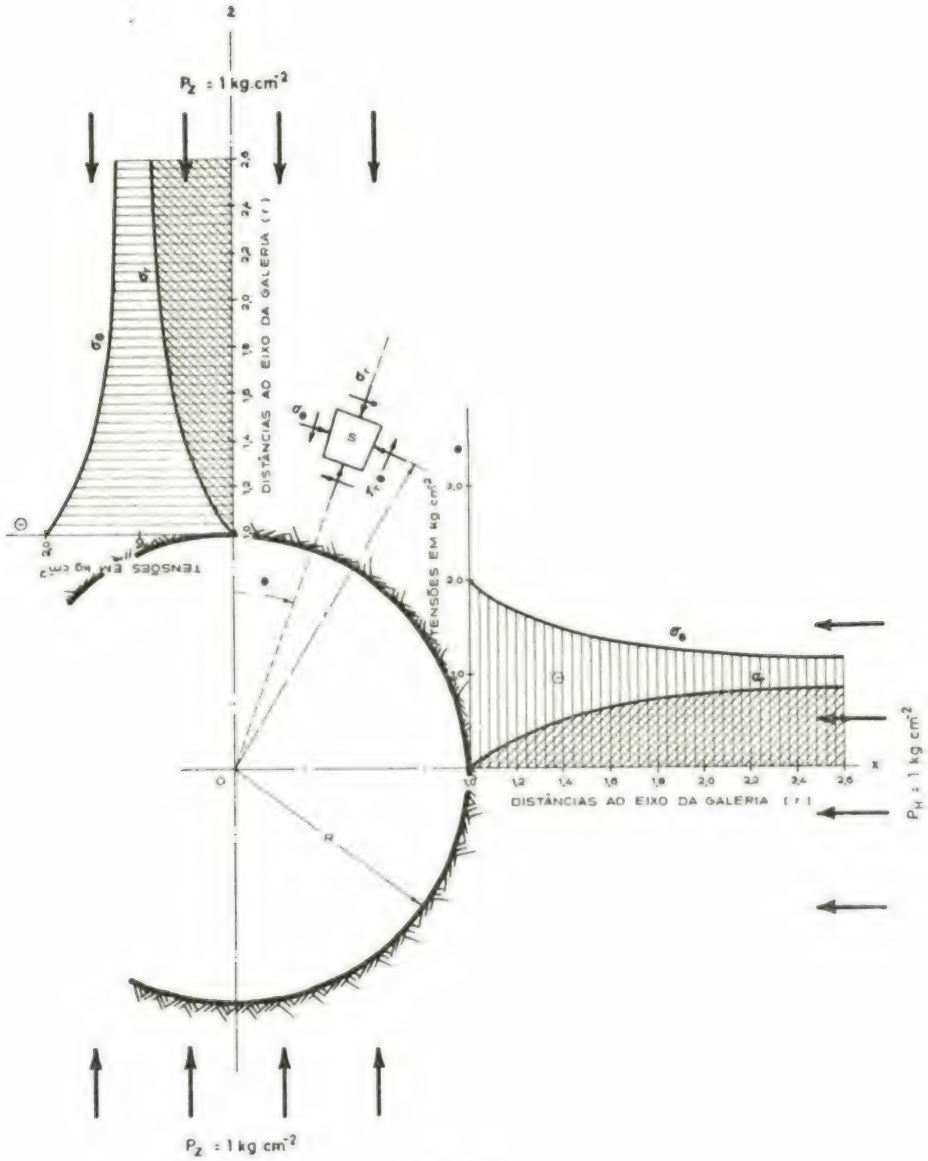


Fig. 18

Além das componentes referidas, existirá ainda uma tensão σ_y, normal a σ'_r e σ'_θ, cujo valor não poderá ser calculado através da hipótese do equilíbrio plano anteriormente considerado.

5 — REPERCUSSÕES DE ORDEM PRÁTICA RELATIVAS À UTILIZAÇÃO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS *IN SITU*.

A análise anteriormente apresentada poderá ser criticada por estar em parcial desacordo com a realidade, na medida em que a maior parte dos maciços rochosos não satisfazem a hipótese de *Hooke*, nem as galerias de ensaio exibirem a forma circular prevista na dedução das expressões de *Kirsch*. No entanto, tais circunstâncias, embora sejam de considerar, não desempenham um papel decisivo, de molde a invalidar ou tornar menos pertinente a argumentação que nos propomos apresentar.

Os ensaios são normalmente conduzidos através da aplicação de solicitações horizontais ou verticais, procurando determinar as características mecânicas do maciço rochoso nessas direcções, desprezando a existência do campo de tensões residuais e considerando ainda o contorno interior da galeria como se na realidade se tratasse da superfície de um sólido semi-indefinido.

A experiência mostra que, quer em zonas de

grande recobrimento quer nos vales profundos, onde geralmente são implantadas barragens de grande altura, existe sempre um estado de tensão residual de apreciável valor o qual é normalmente desprezado quando se procede à determinação experimental das características mecânicas do terreno existente *in situ*.

São frequentes os estados de tensão residual próximos da tensão de rotura do material, sem que tal facto seja devidamente considerado quando da aplicação das expressões 8 e 9. Os valores de E obtidos nesta hipótese, mesmo para um material considerado estatìsticamente homogéneo elástico e isótropo, dependem da direcção de aplicação da carga, do campo de tensões residuais, da forma da galeria, etc.

Tais circunstâncias têm levado a interpretações menos correctas, ou mesmo erradas, sobre as quais têm sido fundamentadas importantes decisões de ordem económica, com base numa falsa indiscutibilidade dos resultados experimentais, muitas vezes obtidos em circunstâncias extremamente duvidosas.

A título de exemplo apresentam-se os resultados da fig. 14 os quais não podem ser racionalmente interpretados quando o maciço rochosos se considera liberto de quaisquer tensões residuais. Tratando-se de uma formação xistosa, francamente decomposta, os valores de E ($\simeq 20\,000$ kg.cm^{-2}) resultam demasiadamente elevados para este tipo de material. Contràriamente ao que seria de esperar os diagramas carga de $\delta = f(\sigma)$ exibem uma forma aproximadamente linear. Por outro lado a *fluência* apresenta-se pràticamente nula e a recuperação das deformações é quase total. Os diagramas de descarga mostram acentuada concavidade voltada no sentido do eixo das tensões o que está em desacordo com a linearidade do ciclo de carga.

Durante os ensaios constatou-se ainda que as tensões ràpidamente aplicadas, por intermédio de macacos hidráulicos, acusavam ligeiro aumento, no decurso do tempo, contràriamente ao que seria de esperar. Tal circunstância evidencia uma redistribuição do campo de tensões instalado no maciço, manifestada por uma *fluência* processada em sentido contrário ao da aplicação dos esforços utilizados no ensaio de carga ([8]). Deverá notar-se, no entanto, que a *fluência* poderá mudar de sentido para uma aplicação de esforços superiores e de sinal contrário aos que resultam da existência do campo de tensões residuais ([9]).

No caso particular de se tratar de uma determinação *in situ* das características mecânicas de um maciço rochoso, visando o dimensionamento do revestimento de uma galeria de pressão, embora os módulos de elasticidade obtidos em tais circunstâncias sejam aparentes, é com eles que o projectista terá de contar uma vez que correspondem, paradoxalmente, a uma realidade técnica indiscutível, traduzindo as verdadeiras reacções elástico-plásticas que o material irá opor às solicitações de serviço. Levanta-se, no entanto, o problema da extrapolação de tais resultados pontuais para outras zonas da galeria, com base numa simples identidade das características macroscópicas do maciço rochoso. Tal extrapolação não poderá ser tècnicamente realizada sem que se conheça, pelo menos, uma ordem de grandeza do campo de tensões residuais instalado ao longo do maciço em estudo.

O problema toma ainda maior acuidade quando as características mecânicas do terreno de fundação de uma grande barragem de betão são determinadas em profundas galerias de ensaio abertas nas margens do vale. Vários experimentadores têm adoptado erradamente esta técnica de trabalho. Tratando-se de um ensaio parcialmente válido, para dimensionar o revestimento de galerias de pressão, foi indevidamente generalizado para o estudo dos terrenos de fundação de barragens, pontes, etc., conduzindo, por vezes, a soluções francamente erradas.

Ao pretendermos determinar as características mecânicas de um terreno rochoso sugeito a um campo de tensões residuais, várias são as situações com que poderemos deparar. Determinadas zonas do terreno, idênticas sob o ponto de vista geológico e constituídas por formações rochosas com iguais características elástico-plásticas, podem reproduzir gráficos experimentais de $\delta = f(\sigma)$ com as mais variadas formas, dependendo da

([8]) — Neste facto reside a principal justificação para a estabilidade do revestimento de algumas galerias de pressão, perante uma reconhecida e comprovada insuficiência técnica de dimensionamento.

([9]) — Vide — «Determinação do Estado de Compressão Natural Existente nos Maciços Rochosos». Por J. M. Ressurreição Neto. Revista «Técnica» n.º 297. Lisboa, 1961.

grandeza, direcção, tempo de aplicação da carga, do local observado, etc.

A título de exemplo apresentam-se 3 curvas típicas correspondentes às hipóteses a seguir mencionadas, através das quais se poderá fazer uma ideia da complexidade do problema e da imprecisão com que tantas vezes se considera solucionado.

lização da expressão 8, os valores do módulo de elasticidade resultam francamente errados, sem que haja possibilidade de avaliar a ordem de grandeza do erro cometido.

A zona de ensaios encontra-se submetida a uma forte compressão ([10]) lateral (σ_θ) de valor $P' \leqslant \sigma_\theta \leqslant 2\,P$ a qual irá exercer uma influência bem marcada nos valores de δ_0 a observar.

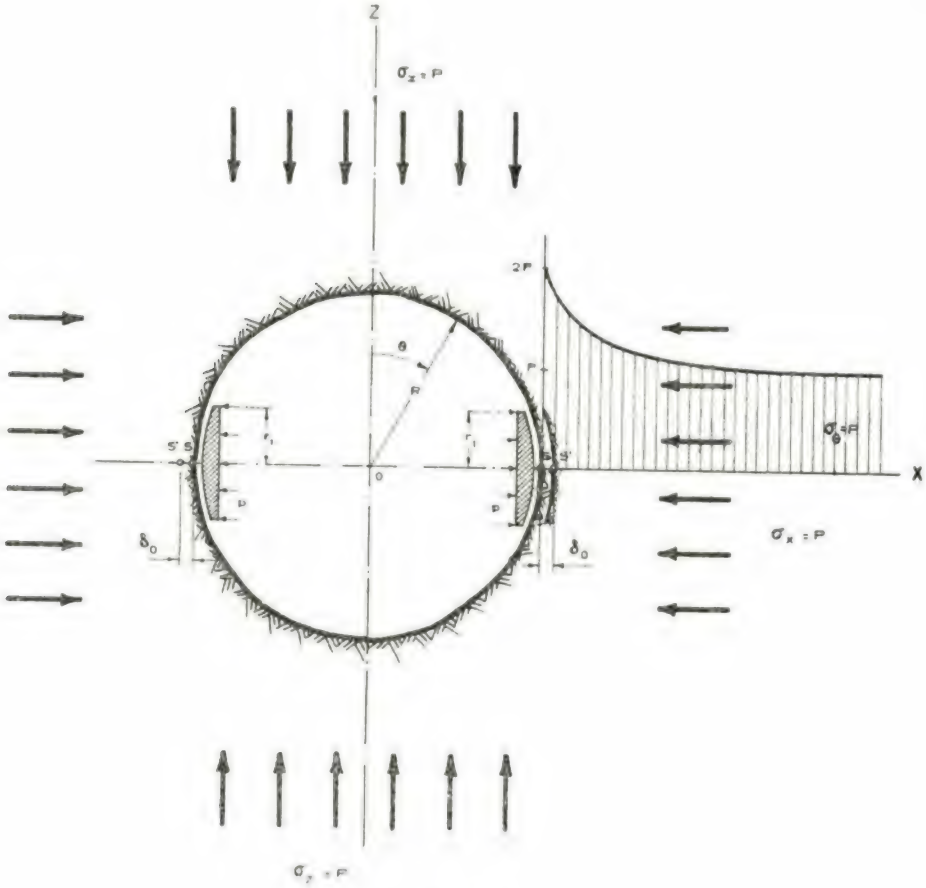


Fig. 19

1.ª hipótese: *Terreno rochoso perfeitamente elástico, homogéneo e isótropo, sujeito a um campo de tensões biaxial* ($\sigma_z = \sigma_x = P$). *Sistema de carga actuando sòmente na direcção horizontal* (X)

Nesta hipótese, e de acordo com as expressões 15 e 17, a escavação da própria galeria de ensaios originará imediatamente uma concentração de tensões de valor máximo $\sigma_\theta = 2P$, tal como se apresenta na fig. 19.

Admitindo que o ensaio é realizado através da aplicação de solicitações na direcção horizontal e que o cálculo de E é efectuado com base na uti-

Independentemente de quaisquer considerações de outra natureza, os módulos de elasticidade E_1, dados pela expressão 8, são aparentes e correspondem a valores mais elevados que os reais (E_0) mantendo-se sempre a relação $E_1 > E_0$ qualquer que seja a tensão de ensaio.

Por outro lado a distribuição da compressão lateral σ_θ não é uniforme, exibindo valores mais elevados junto da superfície de carga, do que em

([10]) — Como anteriormente foi referido o estado de compressão residual pode atingir valores superiores à tensão de rotura da rocha.

profundidade. Tal circunstância dará origem a que, para as pequenas tensões de ensaio, os módulos de elasticidade resultem mais elevados. Os gráficos de $\delta_0 = f(\sigma)$ exibirão um ramo inicial com uma convexidade voltada no sentido do eixo das tensões, tal como se apresenta na fig. 20.

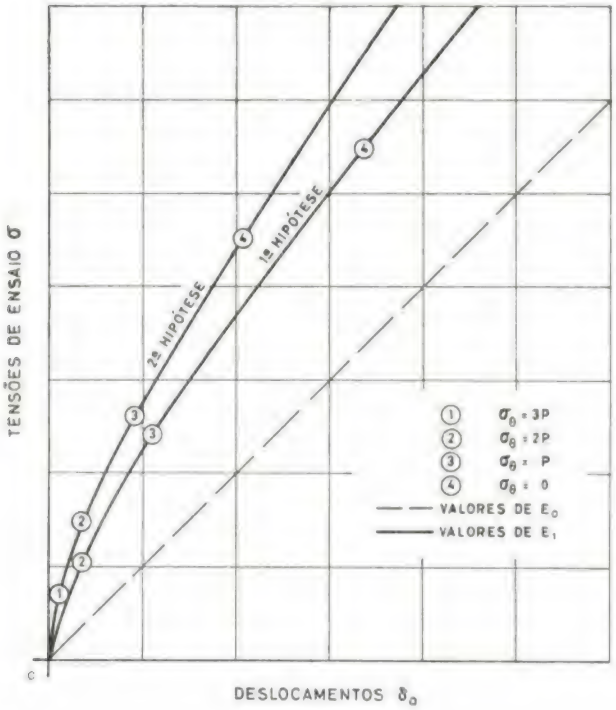


Fig. 20

2.ª hipótese: *Terreno rochoso, perfeitamente elástico, homogéneo e isótropo, sugeito a um campo de tensões uniaxial* $\sigma_z = P$, $\sigma_x = 0$. *Sistema de carga actuando na direcção horizontal* (X).

De acordo com a expressão 15 a escavação da galeria de ensaios originará imediatamente uma concentração de tensões de valor máximo $\sigma_\theta = 3$ P tal como se apresenta na fig. 21.

Para um ensaio realizado na direcção horizontal, os valores do módulo de elasticidade calculados pela expressão 8 resultam francamente errados.

Uma forte compressão lateral $\sigma_\theta = 3$ P, limitará bastante os deslocamentos (δ_0) a observar, o que conduzirá a módulos de elasticidade aparentes muito superiores aos reais (E_0).

Tal como acontece na 1.ª hipótese o ramo inicial de curva $\delta_0 = f(\sigma)$ exibirá uma convexidade voltada no sentido do eixo das tensões (fig. 20).

Por outro lado os módulos de elasticidade E_1, obtidos neste caso, são sensìvelmente mais elevados que os correspondentes à 1.ª hipótese.

3.ª hipótese: *Terreno rochoso, perfeitamente elástico homogéneo e isótropo, sugeito a um campo de tensões uniaxial,* ($\sigma_z = P$, $\sigma_x = O$). *Sistema de carga actuando na direcção vertical* (X).

De acordo com a expressão 15 a escavação da galeria de ensaios originará imediatamente uma concentração de tensões de valor $\sigma_\theta = -P$, tal como se apresenta na fig. 22.

Para um ensaio realizado através da aplicação de cargas na direcção vertical, os módulos de elasticidade calculados por intermédio da expressão 8 não têm qualquer significado sob o ponto de vista técnico.

Uma apreciável tracção lateral ([11]), de valor $-P$, normal à direcção da solicitação, provocará um substancial aumento dos deslocamentos (δ_0) a observar. Em tais condições os ensaios conduzirão a um módulo de elasticidade aparente E_1 bastante inferior ao real (E_0).

Por outro lado a tensão de tracção lateral não é uniforme, exibindo valores mais elevados junto da superfície de carga, para se anularem em profundidade. Tal circunstância dará origem a que para as pequenas tensões de ensaio, os módulos de elasticidade aparentes resultem menores do que os reais, reproduzindo gráficos de $\delta = f(\sigma)$ cujo ramo inicial apresenta uma concavidade voltada no sentido do eixo das tensões, tal como mostra a fig. 23

Para além do estado de tensão residual, instalado nos maciços rochosos, existem ainda outros parâmetros que podem conduzir a um comportamento anómalo do andamento das curvas $\delta = f(\sigma)$, correspondentes a cada ensaio, e condicionar, por conseguinte, a determinação experimental do módulo de elasticidade aparente do terreno. Referimo-nos fundamentalmente a fenómenos de *fluência*, inerentes a todos os maciços rochosos, e à sobreposição deste efeito com determinados estados de tensão residual.

São frequentes as anomalias verificadas no andamento das curvas $\delta = f(\sigma)$ correspondem-

([11]) — Admitindo que a rocha pode suportar uma tensão de tracção de valor — P.

tes a ensaios de carga, conduzidos no interior de galerias, cuja explicação não nos parece que tenha vindo a ser dada dentro de uma base tècnicamente aceitável.

A *fluência* apresenta-se como um fenómeno físico bastante acentuado e de primordial importância nos terrenos rochosos de deformabilidade mais elevada, os quais, por razões técnicas relacionadas com a segurança das obras, coincidem geralmente com os locais seleccionados para ensaio.

em que:

δ — deslocamentos observados ao fim de determinado intervalo de tempo, correspondente à aplicação da carga e à leitura dos aparelhos de medida.

δ_0 — deslocamento teórico correspondente a uma aplicação instantânea da carga de ensaio.

δ_f — deslocamento correspondente ao intervalo de tempo $(t - t_0)$.

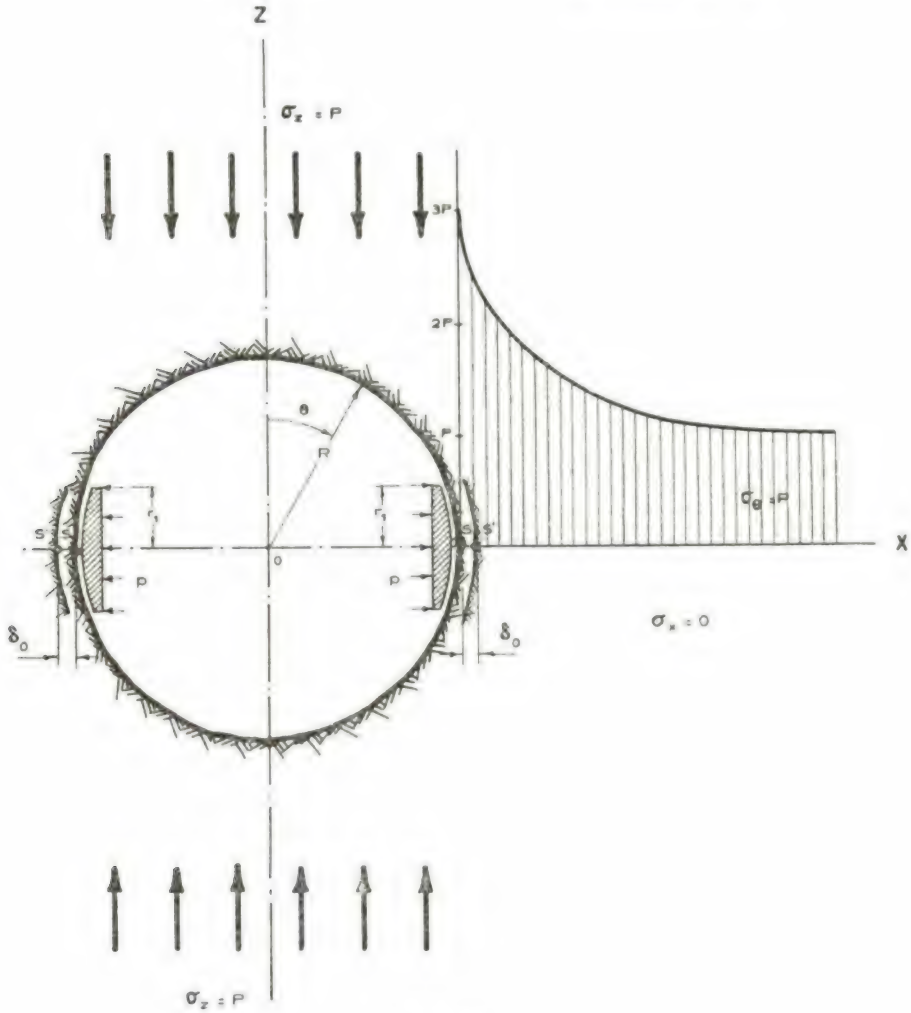


Fig. 21

Os deslocamentos observados nos ensaios de galerias vêm sempre afectados de um efeito de *fluência* mais ou menos pronunciado, uma vez que nem a aplicação da carga nem as respectivas observações dos aparelhos de medida podem ser realizados instantâneamente.

Nestas condições teremos:

$$\delta = \delta_0 + \delta_f \qquad (18)$$

Em materiais rochosos bastante deformáveis os valores δ_f verificados nos ensaios de carga podem ser bastante elevados parecendo, à primeira vista, que tal facto conduziria a módulos de elasticidade mais baixos e, por conseguinte, a uma maior segurança da obra.

Tal circunstância nem sempre se verifica, uma vez que, sob determinados estados de tensão

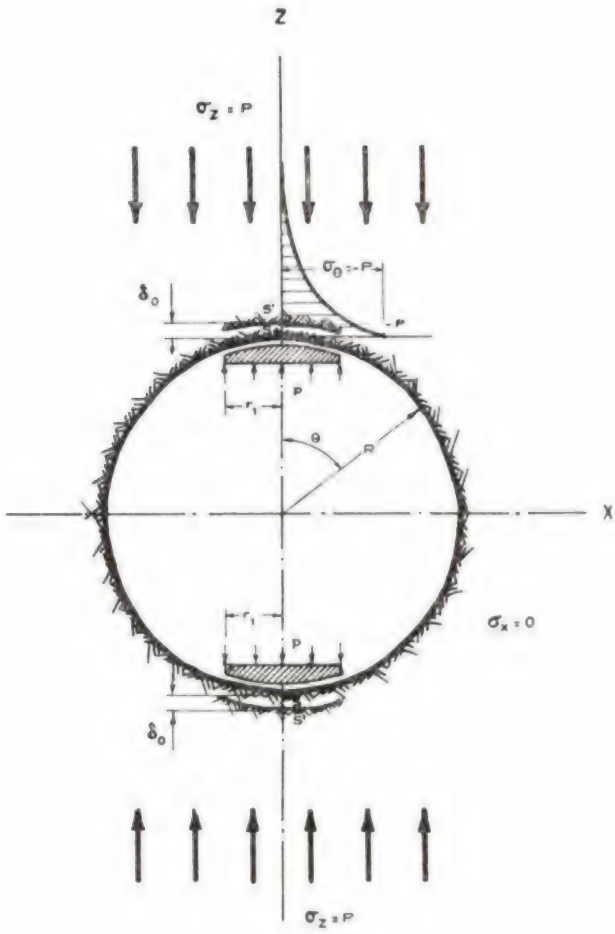


Fig. 22

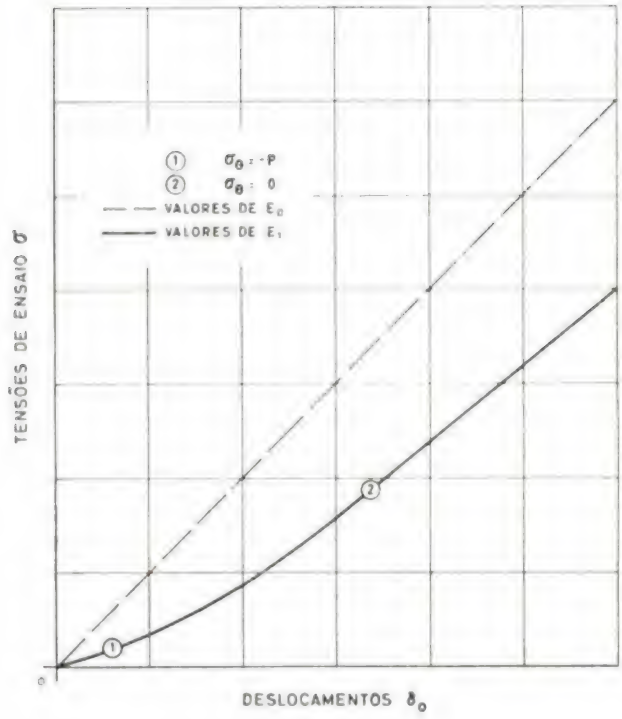


Fig. 23

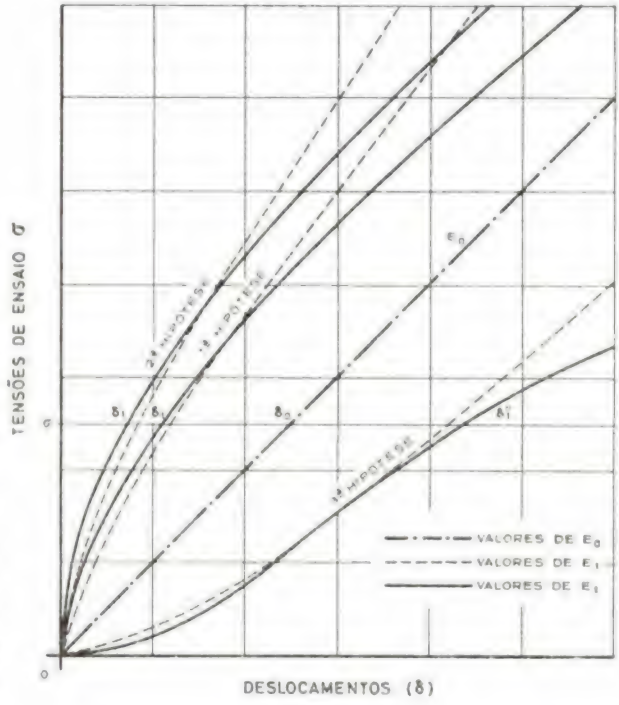


Fig. 24

residual, δ_1 poderá corresponder a valores positivos ou negativos.

Na fig. 24 apresentam-se alguns gráficos representativos do andamento que as curvas de $\delta = f(\sigma)$ podem tomar, mantendo as hipóteses anteriormente formuladas e admitindo ainda que o material sofre *fluência*. Observando as figs. 19 e 21 correspondentes às hipóteses de carga 1 e 2, verifica-se fàcilmente que os deslocamentos motivados pela *fluência* do material se processarão em sentido contrário ao da aplicação da carga de ensaio (p), até que as tensões σ'_0, desenvolvidas por esta solicitação, equilibrem os valores de σ_0 provenientes de tensão residual instalada no maciço rochoso.

Os valores de σ_0' necessários ao equilíbrio das tensões σ_0 só se desenvolvem para cargas de ensaio (p) bastante elevadas.

Admitindo a hipótese do campo de tensões residuais P dar origem a uma concentração de valor médio $\sigma_0 = 2\ P$, como consequência da abertura da galeria de ensaios, e que as tensões σ_0' só resultam do efeito do coeficiente de *Poisson*, a relação $\sigma_0'' = \sigma_0$ só se verificará para,

$$p.\mu = 2P \qquad (19)$$

dado que,

$$\sigma_0 = 2\,P$$

$$\sigma'_0 = p.\mu$$

A relação (19) evidencia bem a importância prática do problema, uma vez que os valores de p ràramente ultrapassam os kg.cm^{-2}.

Deste modo os deslocamentos δ_f poderão mudar de sentido de acordo com a grandeza da solicitação utilizada nos ensaios de carga.

Representando por,

E_0 — módulo de elasticidade instantâneo quando o maciço se encontra isento de tensões residuais.

E_1 — módulo de elasticidade aparente instantâneo do material em estudo.

E_t — módulo de elasticidade aparente obtido ao fim de um intervalo de tempo $(t - t_0)$ suficientemente grande para que os deslocamentos δ tomem um valor pràticamente constante, teremos as seguintes relações:

$$\begin{aligned} \sigma\theta' < \sigma\theta &\longrightarrow E_t > E_1 \\ \sigma\theta' > \sigma\theta &\longrightarrow E_t < E_1 \end{aligned} \qquad (20)$$

o que conduzirá a gráficos tais como se apresentam na fig. 24 (hipóteses 1 e 2). Os valores de E_1 mantêm-se sempre superiores a E_0 qualquer que seja a ordem de grandeza da carga de ensaio. Em contrapartida os valores de E_t podem tornar-se inferiores a E_0 para elevadas solicitações de ensaio aplicadas durante um longo espaço de tempo.

Analisando a fig. 22, correspondente à 3.ª hipótese formulada, verifica-se fàcilmente que os deslocamentos de *fluência* se processam sempre no mesmo sentido da aplicação das cargas, embora dependam do valor da tensão utilizada no ensaio. Os valores de δ_f decrescem inicialmente com a tensão de ensaio para voltarem novamente a subir, tal como se apresenta na fig. 24 (3.ª hipótese). O valor em que a *fluência* se anula corresponderá aproximadamente à eliminação da tensão — σ_0 sobre a superfície carregada. O diagrama apresentará uma forma em *S* (aberto) cuja interpretação tem sido objecto das maiores controvérsias.

Os gráficos da fig. 24 mostram que os deslocamentos observados no ensaio de carga não são proporcionais à tensão aplicada. Por outro lado, para uma dada tensão σ' a que deveria corresponder um único deslocamento, se o material fosse perfeitamente elástico e se encontrasse liberto de tensões residuais, podem resultar valores compreendidos entre δ_1 e δ''_1 quando rodamos 90° a direcção do sistema de carga utilizado no ensaio.

Tal circunstância aliada ao facto do maciço rochoso não ser homogéneo elástico e isótropo, torna o ensaio bastante problemático, especialmente no que se refere à extrapolação dos resultados obtidos ou para solicitações diferentes daquelas que foram utilizadas no sistema de carga o que, infelizmente, coincide com a maioria dos casos correntes da prática.

A confirmação das hipóteses anteriormente formuladas encontra-se bem patente nos resultados experimentais apresentados nas figs. 14 e 15, obtidos respectivamente sobre os terrenos de fundação das barragens de Bouçã e Picote (Portugal).

Analisando os resultados da fig. 15 somos levados a admitir a existência de um elevado estado de compressão residual instalado no maciço rochoso, o qual se manifesta tanto na direcção horizontal como na vertical (situação idêntica à à 1.ª hipótese anteriormente formulada).

Os módulos de elasticidade aparente do terreno decrescem com a tensão aplicada verificando-se, após a descarga, uma recuperação quase total dos deslocamentos provocados durante o ensaio.

Por outro lado o início do gráfico, correspondente à descarga, apresenta um andamento anormal, dando a falsa impressão do material reagir nessa zona, com um módulo de elasticidade aparente muitíssimo elevado. Tal circunstância é motivada, como anteriormente foi referido, pelo facto da *fluência* correspondente ao diagrama de carga, se ter processado em sentido contrário ao da aplicação dos esforços utilizados no ensaio ([12]). Deste modo uma rápida diminuição da carga de ensaio não dará origem a um deslocamento tão

([12]) — Nos gráficos apresentados verifica-se ainda um reduzido deslocamento δ_t processado no sentido da aplicação da carga, eventualmente devido ao refechamento de quaisquer fissuras, variações de temperatura, etc.

instantâneo quanto previsto, uma vez que é contrário por deslocamentos de *fluência* instalados no material, os quais carecem de um apreciável espaço de tempo para se poderem dissipar.

Deste modo os valores de E apresentados nos quadros da fig. 15, além de não corresponderem a qualquer característica física do material em estudo, apresentam dispersões muitíssimo elevadas. Não obstante terem sido calculados através do gráfico de carga (hipótese mais favorável) as dispersões obtidas ainda atingem a ordem dos 250 %. Considerando o diagrama correspondente à descarga ultrapassam francamente os 500 %.

Passando a analisar os resultados apresentados na fig. 14 referentes ao estudo das fundações da barragem da Bouçã, constata-se que o panorama não é muito diferente do da fig. 15. Igualmente se verifica a influência de um estado de tensão residual, instalado no maciço rochoso, o qual tanto se manifesta na direcção horizontal como na vertical. Nota-se, no entanto, que a tensão residual segundo a horizontal atinge valores ligeiramente mais elevados, uma vez que os gráficos apresentam uma ligeira concavidade voltada no sentido do eixo das tensões.

Por outro lado o efeito da *fluência* processada em sentido contrário ao da aplicação das cargas de ensaio é bastante mais acentuado em comparação com o que se passa nos granitos de Picote. Tal facto é responsável pelos diagramas de carga aproximadamente rectilíneos tal como se apresentam na figura. De igual modo o efeito da *fluência* se manifesta pela anomalia verificada no início do diagrama de descarga e na quase total recuperação das deformações finais.

O efeito da *fluência* processada em sentido contrário ao da aplicação das cargas, impede a imediata recuperação das deformações elásticas com que o material deveria reagir no início da descarga.

Nestas condições, os valores de E apresentados nos quadros da fig. 14 não têm aquele significado geotécnico que ao tempo se lhe pretendia atribuir ([13]).

Considerações idênticas às formuladas a propósito dos módulos de elasticidade poderão ser feitas a respeito da determinação experimental das tensões de corte do terreno (σ_φ) através de ensaios realizados *in situ*.

De uma maneira geral os ensaios de corte são conduzidos no interior de galerias, escavadas em maciços rochosos muitas vezes submetidos a elevados estados de tensão residual. Diferentes estados de compressão ou de tracção sob a forma de um constrangimento lateral positivo ou negativo, tal como anteriormente foi referido (hipóteses, 1, 2 e 3), condicionam, de uma maneira decisiva, os valores que se irão observar.

Independentemente de quaisquer considerações relacionadas com a heterogeneidade estatística do material do maciço, o fenómeno do *rock burst* constitue uma prova bem evidente desta afirmação. Corresponderá a uma situação limite, verificada em terrenos rochosos de elevada rigidez, nos quais o *rock burst* se pode processar independentemente da aplicação de quaisquer tensões de corte. Em materiais mais deformáveis a rotura não toma uma forma tão espectacular. Poderá, no entanto, verificar-se com apreciável lentidão, ou ser simplesmente escorvada por ligeiras tensões de corte utilizadas no ensaio.

6 — ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos capítulos anteriores procurámos dar uma ideia, embora bastante suscinta, do estado actual das técnicas e dos métodos utilizados na determinação das características mecânicas dos maciços rochosos e da verdadeira natureza dos resultados a que eles conduzem.

Tratando-se de um problema extraordinàriamente complexo é natural que não seja fácil encontrar uma única solução capaz de satisfazer todos os seus condicionamentos. Existem algumas teorias, um elevado número de técnicas de ensaio, realizam-se várias simplificações, sem que tais métodos de trabalho se possam integrar num conjunto harmonioso susceptível de conduzir a resultados menos contraditórios. Parece ser esta uma das principais conclusões dos capítulos anteriormente apresentados.

No entanto, a primeira questão que se levanta refere-se à extraordinária importância técnica do problema perante as grandes realizações da engenharia civil. Atinge tais proporções que se torna imprescindível orientar a pesquisa através de

([13]) — Os resultados experimentais anteriormente apresentados foram obtidos pelo autor do presente artigo, há cerca de 10 anos, e interpretados de acordo com as técnicas tradicionalmente utilizadas pelo LNEC.

caminhos que ràpidamente nos aproximem das verdadeiras soluções do futuro. Não podendo contar com uma completa solução obtida através da análise matemática, teremos que recorrer às extraordinárias possibilidades da observação experimental, tirando de cada ensaio tudo aquilo que ele nos pode fornecer, sem deixar de passar cuidadosamente todos os resultados obtidos através dos mais apertados filtros de uma crítica construtiva.

A exploração, em regime industrial, de determinados tipos de ensaio, muitas vezes sob o retumbante rótulo de *genuina investigação científica* tem constituído um dos mais potentes entraves ao verdadeiro progresso das técnicas de ensaio dos maciços rochosos.

Outra questão que se poderá levantar consiste em saber se os ensaios actualmente realizados têm algum significado sob o ponto de vista geotécnico, quando submetidos às apertadas malhas de uma crítica consciente, animada de um elevado espírito técnico e isento de quaisquer interesses de ordem material.

Considerando tais ensaios sob o ponto de vista da sua finalidade imediata somos levados a admitir que apresentam um interesse técnico muitíssimo reduzido em comparação com as informações que podem ser obtidas através da simples observação visual, quando realizada por técnicos de reconhecida competência profissional.

Considerando os referidos ensaios como uma forma de aprendizagem daquilo que *se deve* ou *não deve* fazer, no sentido de prospectar os verdadeiros e intrincados caminhos das futuras técnicas de ensaio, apresentam um interesse que poderemos considerar de extraordinário.

Os ensaios de rotina actualmente praticados só poderão despertar algum interesse didáctico em pessoas sem qualquer experiência na matéria, ou mera curiosidade em quem os vai realizar pela primeira vez.

A amplitude da dispersão dos valores obtidos pode ser fàcilmente superada através da simples observação visual dos locais de ensaio. Por outro lado a necessária extrapolação desses resultados pressupõe o conhecimento das condições geológicas verificadas nas zonas abrangidas pela própria extrapolação, o que constitui um verdadeiro ciclo vicioso conduzindo a uma indeterminação que só poderá ser levantada através do aperfeiçoamento dos métodos de ensaio *in situ* e de uma mais correcta e eficiente aplicação das técnicas de prospecção geológica.

A precisão dos resultados dos ensaios *in situ* só poderá ser aumentada na medida em que se desenvolverem novas técnicas de pesquisa que permitam a rápida determinação do estado de tensão residual instalado nos maciços rochosos. Só depois deste parâmetro ser conhecido poderemos pensar em termos de módulo de elasticidade, coeficiente de *Poisson*, coesão, ângulo de atrito interno, tensão de corte, etc., no sentido de promover a extrapolação destas características físicas a zonas do maciço não ensaiadas.

Por outro lado a correcta definição das zonas a considerar na extrapolação não poderá ser, na maior parte dos casos, realizada através de tão desejada observação visual, quer por razões de ordem económica quer ainda por razões relacionadas com a parcial destruição do próprio maciço de fundação.

Deste modo somos levados a concluir que, no estado actual da técnica, o estudo das características mecânicas dos maciços rochosos depende fundamentalmente de uma prospecção geológica de pormenor (geofísica e mecânica) tendo como complemento a determinação do estado de tensão residual instalado em diferentes pontos do terreno. Só depois disso se poderá proceder à determinação, interpretação e extrapolação das características mecânicas do maciço em estudo.

BIBLIOGRAFIA

Capper & Cassie — *The Machanics of Engineering Soils.* Second Edition, London. 1954.

S. Timoshenko and J. N. Goodier — *Theory of Elasticity.* Mc Grau Hill, 1951.

J. Serafim, A. Silveira and Ressurreição Neto — *Deformabilty of Foundation Rocks.* Cinquième Congrès des Grands Barrages, Paris, 1955.

J. M. Ressurreição Neto — *Prospecção Eléctrica dos Terrenos de Fundação. Possibilidades e Limitações.* L.N.E.C., Lisboa, 1964.

J. Laginha Serafim — *Rock Mechanics Considerations in the Design of Concrete Dans.* L.N.E.C., Technical Paper n.º 224, Lisboa, 1964.

J. Laginha Serafim - *Internal Stresses in Galleries.* L.N.E.C., Technical Paper n.º 204, Lisboa, 1962.

M. P. Habib — *Determination du Módule d'Elasticité des Roches in Place.* Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Public. Paris, Setembro 1950.

Ervin Nonieiller — *The Determination of Deformation of Loaded Rock in Tunnels,* Zagreb, 1951.

C. D. U. 621.311.5/91

ELEMENTOS SOBRE A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE ENERGIA NA REDE ELÉCTRICA NACIONAL (*)

JUNHO

I — Breve nota mensal

Em virtude do carácter favorável das precipitações e do regime de caudais do Douro Internacional, as afluências ao conjunto do sistema, durante o mês de Junho, têm uma probabilidade de serem excedidas da ordem dos 31 %, correspondendo-lhes um coeficiente de produtibilidade hidroeléctrica de 1,13.

II — Elementos gerais (GWh)

Acumulados desde 1 de Janeiro

	a) Mensais 1965	a) Mensais 1966	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1891,6	2589,6	+ 37
Produção térmica (P_t)	196,7	0,0	— 100
Produção total (P_T)	2088,3	2589,6	+ 24
Energia recebida de empresas não pertencentes ao RNC (E_r)	14,8	22,4	+ 51
Exportações (Ex)	1,2	0,0	— 100
Importações (I)	208,3	0,0	— 100
Saldo importador (S_I)	+207,1	0,0	— 100
Consumo em bombagem (C_b)(1)	6,8	46,7	+ 587
Produção para consumos perman. (P_{cp}) (2) . .	2052,7	2113,2	+ 2,9
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . . .	250,7	452,1	+ 80
Total	2310,2	2612,0	+ 13
Coeficiente de hidraulicidade	0,71	1,56	—

NOTAS

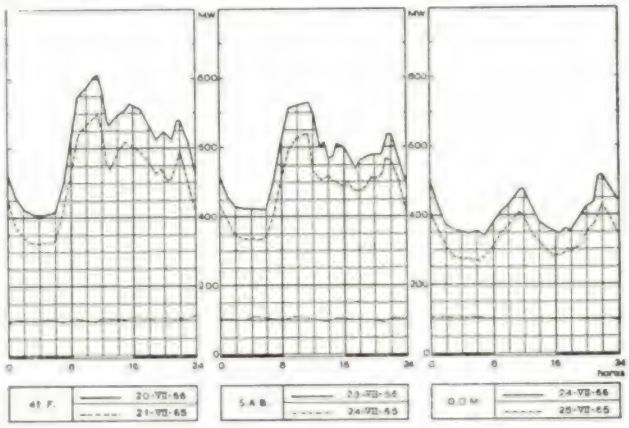
(1) Energia consumida em bombagem para armazenamento na Albufeira do Alto Rabagão.

(2) A produção para consumos permanentes (P_{cp}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{cp} = P_T + E_r + S_i - C_b - P_{cnp}$

III — Diagramas de carga dos dias característicos

			4.ª feira: 1965	4.ª feira: 1966
Produção hidráulica		(P_h) MWh	8457	14366
Produção térmica		(P_t) MWh	1110	0
Produção total		(P_T) MWh	9567	14366
Trocas com Espanha	Export.	(Ex) MWh	0	0
	Import.	(I) MWh	3280	0
Consum em bomb. hidroel.		(C_b) MWh	0	0
Prod. para cons. perm.		(P_{cp}) MWh	11791	11735
Prod. para cons. não perm.		(P_{cnp}) MWh	1056	2631
TOTAL		$P_T + (I - Ex)$ MWh	12847	14366
Características dos diagramas	$P_T + (I-Ex)$	Potência máx. MW	733	803
		Potência mín. MW	334	373
		Utiliz. da ponta horas	17,5	17,9
		Factor de carga	0,73	0,75
	P_{cp}	Potência máx. MW	687	694
		Potência mín. MW	291	267
		Utiliz. da ponta horas	17,2	16,9
		Factor de carga	0,72	0,70

III — Diagramas de carga dos dias característicos



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Alto Rabagão	973,1	100,0
Paradela	222,4	100,0
Venda Nova	123,5	96 5
Salamonde	27,6	100,0
Caniçada	28,7	86,7
Vilar	80,1	86,5
Cabril	336,0	99,0
Castelo do Bode	162,9	99,9
Guilhofrei	7,5	90,4
Lagoa Comprida	14,8 (2)	39,1
Santa Luzia	54,0	87,7
Pracana	10,5	81,4
Póvoa	10,4 (3)	74,0
Total { com A. Rabagão . . .	2051,5	97,3
Total { sem A. Rabagão . . .	1078,4	95,0

NOTAS

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 3,4 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 3,3 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 2,7 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 2,7 GWh no fim do mês.

(*) *Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.). As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

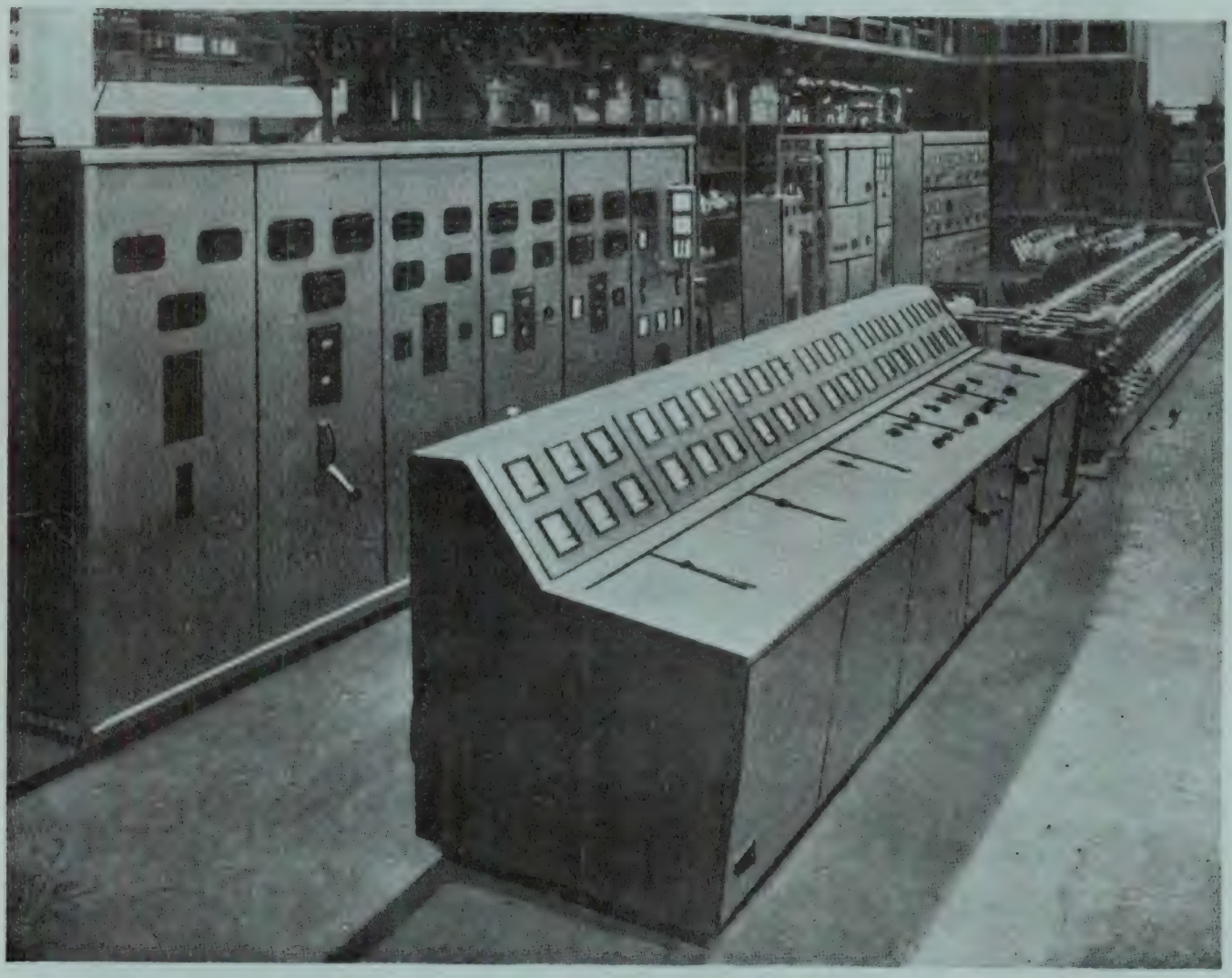
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743



Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

LATINA
UMA NOVA MARAVILHA NA PALMA DA SUA MÃO!
LESTO
NOVO
BERBEQUIM
LESTO
Mais robusto e potente • Grande campo de aplicação • Mais funcional e manejável • Melhor conservação • Maior economia
ROBERT BOSCH (PORTUGAL), LDA. LISBOA-PORTO

C. D. U. 551.351 (469)

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO ESTUÁRIO DO TEJO
— SEDIMENTOLOGIA —

por RICARDO OLIVEIRA
Geólogo
Especialista do Laboratório
Nacional de Engenharia Civil

(Conclusão)

4 — MINERALOGIA

4.1 — Generalidades

Procurando definir e caracterizar as províncias petrográficas sedimentares* do estuário do Tejo e da costa adjacente e, tanto quanto possível, determinar a origem dos seus sedimentos, estudaram-se os minerais da fracção pesada das amostras. O estudo dos minerais pesados oferece vantagens sobre o dos minerais leves, desde que os sedimentos tenham granulometrias favoráveis ao seu aparecimento. Com efeito, as técnicas de ensaio e identificação aplicadas no estudo dos minerais pesados são muito mais simples e estão, sobretudo, muito mais divulgadas. Também o grande número de espécies minerais da fracção pesada permite, geralmente, pela ocorrência ou não ocorrência de algumas delas, relacionar o sedimento com a formação que o originou. Além disso, como consequência da pequena percentagem dos minerais pesados em relação ao total de cada amostra, o seu estudo quantitativo é muito menos demorado.

Em cada praia da costa atlântica ao norte do estuário, colheram-se, como atrás se disse, amostras dispostas, três a três, em perfis perpendiculares à linha de costa. Ao serem estudadas as primeiras, verificou-se que a sua composição mineralógica (minerais pesados) era muito semelhante e que não havia interesse em dosear os minerais pesados de todas as amostras de cada praia. Deste modo, considerou-se a amostra colhida entre a linha de baixa-mar e a linha de praia-mar (na zona intermédia) como representativa de cada perfil. Este critério estendeu-se para sul do estuário, pelo que apenas se apresentam as frequências dos minerais pesados relativamente às amostras colhidas na zona intermédia de cada perfil (Plantas 1 e 2).

4.2 — Minerais pesados

Nas amostras estudadas identificaram-se os seguintes minerais pesados transparentes: anatase, normalmente azul e por vezes muito escura; andaluzite, incluindo nesta designação a quiastolite; augite, verde, castanha e lilás, englobando nesta designação todas as piroxenas monoclínicas; brookite; cloritóide; corindo, azulado e por vezes rosa; distena; epídoto, verde, amarelo e incolor, incluindo também nesta designação zoizite e clinozoizite; esfena, incolor e amarela; estaurolite; granada, incolor, rosa, verde e amarela; hiperstena; horneblenda castanha; horneblenda verde; rútilo; silimanite, fibrosa e granular; turmalina, castanha, verde e azul; e zircão, incolor e rosa. Designaram-se por alterados todos os grãos translúcidos devido a alteração, que não foi possível identificar correctamente. Não se fez a identificação dos minerais opacos, e por isso se agruparam com a designação de opacos.

Em algumas amostras apareceram minerais transparentes que não foi possível identificar ao microscópio polarizante. Sempre que a identificação desses minerais, por serem em muito pequeno número e aparecerem raramente nas amostras, não se mostrou fundamental para este estudo, não se recorreu a métodos especiais, habitualmente muito demorados e de difícil execução,

* Entende-se por província petrográfica sedimentar o conjunto de sedimentos constituindo uma unidade quanto à sua origem, idade e distribuição (Edelman, C. H. citado por Van Andel, 1950).

QUADRO 5

Associação	N.º da Amostra	Minerais																
		Turmalina	Zircão	Granada	Rútilo	Anatase	Esfena	Brookite	Distena	Estaurolite	Andaluzite	Silimanite	Epídoto	Horn. verde	Horn. cast.	Augite	Hiperstena	Cloritóide
A	136	6	12	—	—	—	—	—	—	2	1	1	4	3	1	70	—	—
	147	11	9	3	—	1	—	—	—	5	9	—	3	7	—	52	—	—
	194	9	—	2	—	—	—	—	—	3	4	—	3	2	—	76	—	—
B	158	20	13	16	—	—	—	—	1	14	12	5	9	8	—	2	—	—
	190	24	12	11	—	3	—	—	2	11	10	7	5	12	—	2	—	1
	208	16	6	12	2	9	1	1	—	9	10	7	10	13	—	4	—	—
C	185	42	6	6	—	3	—	—	—	7	17	7	7	2	1	1	—	—
	205	49	—	—	3	1	—	—	—	10	30	5	—	—	1	1	—	—
	220	60	—	—	—	—	—	—	—	7	32	—	1	—	—	—	—	—
D	11	27	2	9	1	—	—	—	3	5	4	1	4	4	8	32	—	—
	50	23	—	11	2	—	—	—	—	6	3	—	6	1	16	29	1	—
	247	35	1	4	—	—	1	—	—	11	7	—	3	—	9	29	—	—
E	71	32	7	9	2	1	—	—	—	10	15	3	5	3	—	13	—	—
	107	40	3	7	—	4	—	—	—	9	17	4	1	1	3	11	—	—
	274	32	4	4	—	3	—	—	—	2	11	8	7	7	10	12	—	—
F	269	43	10	23	1	—	—	—	1	11	4	—	2	1	—	4	—	—
	270	51	7	11	1	2	—	—	—	7	13	1	2	—	—	5	—	—
	271	53	3	18	—	1	—	—	—	7	13	—	—	—	2	3	—	—
G	116	40	4	7	5	—	1	—	—	3	21	12	3	—	3	1	—	—
	119	43	4	6	—	—	1	—	—	7	11	13	7	—	2	5	—	—
	282	39	—	5	1	2	1	—	2	13	16	8	8	1	—	3	—	1

englobando-se todos na designação de não identificados (N.I.).

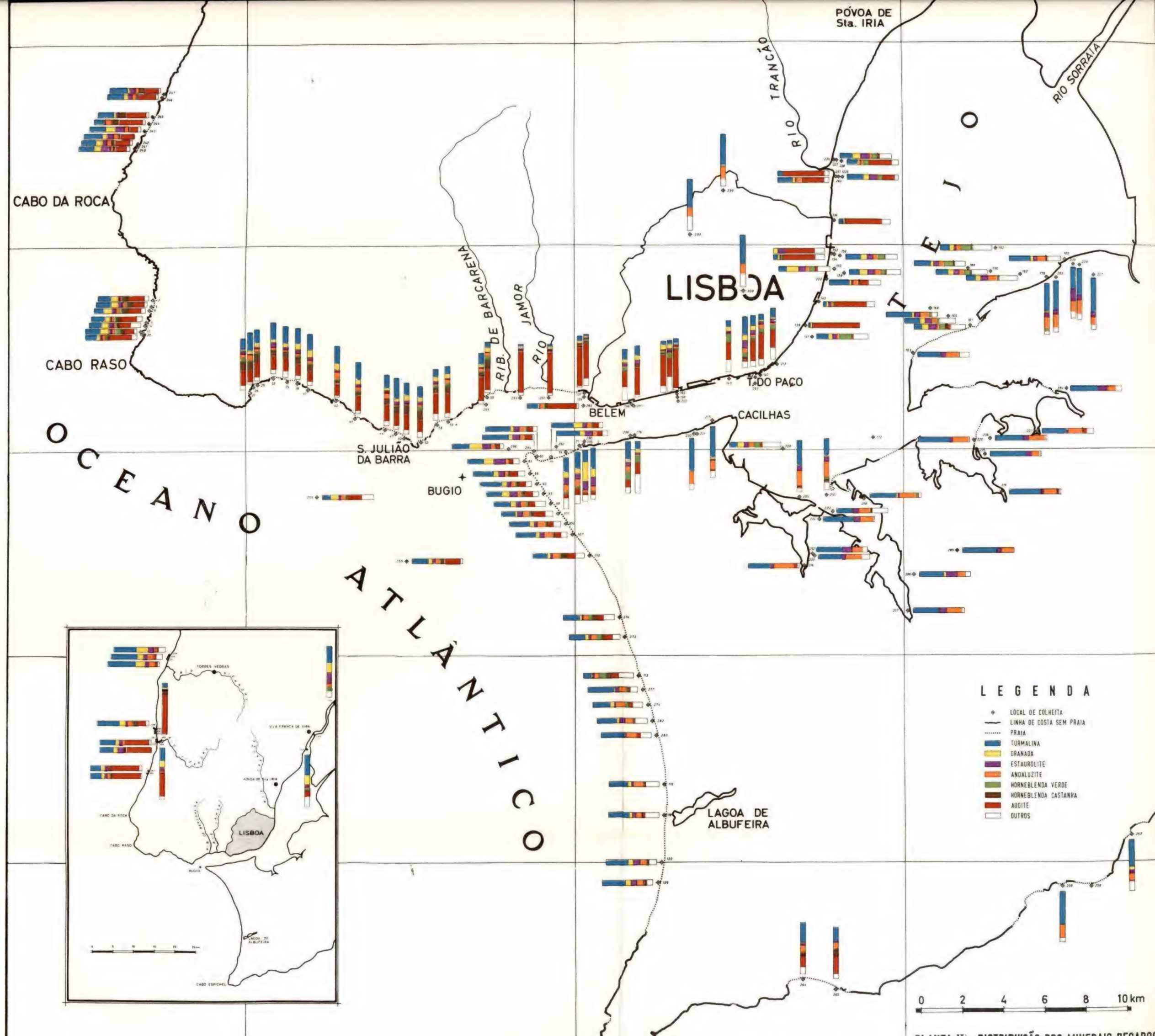
A distribuição dos minerais pesados característicos das amostras figura na Planta 2.

4.3 — Associações de minerais pesados

Dada a grande extensão da área abrangida pelo estudo e as características manifestamente diferentes das várias zonas, seria de esperar uma certa diversidade no respeitante à mineralogia dos sedimentos. Com efeito, distinguiram-se no presente trabalho sete associações de minerais pesados.

No quadro 5 apresentam-se as frequências dos minerais pesados de 3 amostras características de cada associação e na fig. 7 a distribuição dessas associações.

Associação A — Esta associação, rica em augite, distribui-se pelos sedimentos da margem norte do estuário numa faixa que parece não ultrapassar 200 m de largura. Inicia-se aproximada-


POVOA DE
Sta. IRIA
RIO TRANCÃO
RIO SORRAIA
RIO TEJO
CABO DA ROCA
CABO RASO
LISBOA
RIB. DE BARCARENA
RIO JAMOR
T. DO PAÇO
BELEM
CACILHAS
S. JULIÃO
DA BARRA
BUGIO
OCEANO ATLÂNTICO
LAGOA DE
ALBUFEIRA
LEGENDA
LOCAL DE COLHEITA
LINHA DE COSTA SEM PRAIA
PRAIA
TURMALINA
GRANADA
ESTAUROLITE
ANDALUZITE
HORNEBLENDA VERDE
HORNEBLENDA CASTANHA
AUGITE
OUTROS
0 2 4 6 8 10 km
TORRES VEDRAS
VILA FRANCA DE XIRA
POVOA DE SANTA IRIA
CABO DA ROCA
CABO RASO
LISBOA
BUGIO
LAGOA DE ALBUFEIRA
CABO ESPICHEL

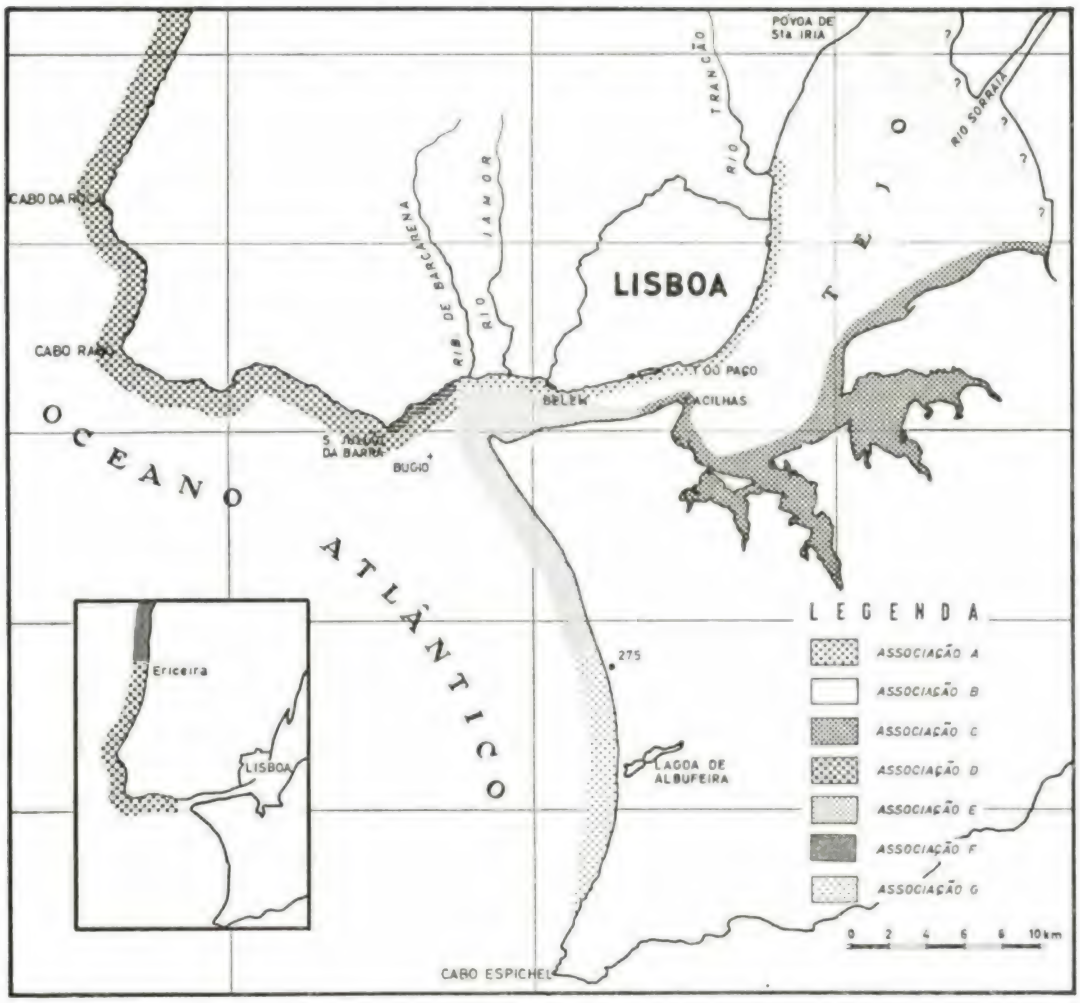


Fig. 7 — Distribuição das associações de minerais pesados

mente junto à foz do rio Trancão e termina próximo de S. Julião da Barra, onde se mistura com a associação D. É uma associação de origem essencialmente vulcânica, caracterizada pela presença de augite em grande quantidade e contendo ainda turmalina, zircão, estaurolite e andaluzite. A percentagem de augite na amostra 139 atinge 90 % do total dos minerais pesados transparentes. Na maior parte das amostras a percentagem de augite oscila entre 60 e 70 %. A ocorrência de zircão está relacionada, como se verá, com a granulometria do sedimento. Em algumas amostras é muito evidente a mistura desta associação com a associação B.

Associação B — Esta associação distribui-se pela quase totalidade do estuário, com excepção das proximidades da foz e das zonas ocupadas pelas associações A e C. As amostras estudadas para montante do estuário (Planta 2) pertencem também a esta associação. É essencialmente constituída por turmalina, granada, estaurolite, andaluzite, epídoto e horneblenda verde. Próximo das margens do estuário mistura-se, respectivamente, com as associações A e C.

Associação C — Esta associação distribui-se pelos sedimentos da margem sul do estuário até um pouco para jusante de Cacilhas. É essencialmente constituída por turmalina, andaluzite e estaurolite. A turmalina e a andaluzite constituem entre 60 a 90 % dos minerais pesados transparentes da quase totalidade das amostras pertencentes a esta associação. Difere fundamentalmente da associação B pela não existência de granada e horneblenda verde.

Associação D — Esta associação, que ocorre desde

aproximadamente S. Julião da Barra até à Ericeira, distribuída pelos sedimentos das praias da costa ao norte do estuário compreendidas entre esses dois pontos, é de origem em parte vulcânica e em parte metamórfica. Com efeito, é essencialmente constituída por turmalina, augite e horneblenda castanha (basáltica) e, ainda, em proporções variáveis, por granada andaluzite e estaurolite. A horneblenda castanha é o mineral característico desta associação. A turmalina e a augite representam entre 60 e 70 % do total dos minerais pesados transparentes. As amostras n.os 56, 56-A, 59 e 295 evidenciam uma mistura de sedimentos das associações A e D.

Associação E — Esta associação distribui-se pela margem sul do estuário a jusante da associação C e pela costa ao sul do estuário até cerca de 6 km para norte da Lagoa de Albufeira. É do mesmo modo que a associação D, de origem mista, isto é, em parte vulcânica e em parte metamórfica. É constituída por turmalina (em percentagens superiores a 30 %), augite, andaluzite, estaurolite e granada. As razões para considerar distintas as associações D e E residem fundamentalmente nas variações observadas quanto aos minerais de origem vulcânica (augite e horneblenda castanha), cujas frequências diminuem consideràvelmente na associação E.

Associação F — Esta associação distribui-se pelos sedimentos da costa ao norte do estuário para norte da associação D (a partir da Ericeira). Tem, por constituintes essenciais, turmalina e granada e, ainda, estaurolite andaluzite e zircão. As principais características desta associação são o desaparecimento quase total dos minerais de origem vulcânica (augite e horneblenda castanha) e o enriquecimento em granada. A amostra 268, a única colhida na Ericeira que forneceu minerais pesados, evidencia transição entre a associação D e F. Para norte desta amostra, apenas se colheram as amostras n.os 269, 270 e 271, respectivamente no extremo sul, no centro e no extremo norte da praia de Santa Cruz, pelo que se desconhece o limite norte desta associação.

Associação G — Esta associação estende-se na costa atlântica para sul da associação E. É essencialmente constituída por turmalina, andaluzite e silimanite e, ainda, por estaurolite e granada. Esta associação, um pouco semelhante à associação C do estuário, difere desta por conter granada e por evidenciar vestígios de mistura com minerais de origem vulcânica; com efeito, embora em muito pequenas proporções, esta associação contém augite e horneblenda castanha.

4.4 — Variações casuais e variações granulares

Conforme se pode concluir do quadro 5 e, melhor ainda, da Planta 2, dentro da mesma associação podem verificar-se diferenças apreciáveis na composição mineralógica dos respectivos sedimentos. Essas variações são fundamentalmente de dois tipos conforme as causas que lhe dão origem. Assim, designar-se-ão por variações casuais* as que são devidas a erros cometidos na colheita das amostras, nos ensaios laboratoriais e no doseamento dos minerais pesados; são variações, normalmente de pequena importância, que caem dentro das limitações do método. Sobrepondo-se a estas, ocorrem variações que se designarão por variações granulares**, devidas a diferenças na calibração (sorting) dos sedimentos e que podem, por vezes, provocar oscilações consideráveis na composição mineralógica de sedimentos pertencentes à mesma associação. Podem esperar-se variações granulares apreciáveis em sedimentos com granulometrias diferentes, se alguma ou algumas espécies minerais essenciais tiverem dimensões características mais ou menos constantes, função do seu tamanho na rocha mãe. Contudo, grande parte das vezes tal não se verifica, em virtude da granulometria da fracção pesada ser mais ou menos independente da do total do sedimento (Fig. 8) pelo que, a amostras granulométricamente muito diferentes, correspondem fracções pesadas com granulometrias semelhantes.

A influência das variações granulares pode ser muito atenuada estudando regionalmente grande número de amostras e, nos casos em que tal não for possível, recorrendo ao estudo dos minerais pesados em várias fracções granulométricas e comparando os resultados das fracções correspondentes.

* Chance variations (Doeglas, 1940)
** Granular variations (Doeglas, 1940)

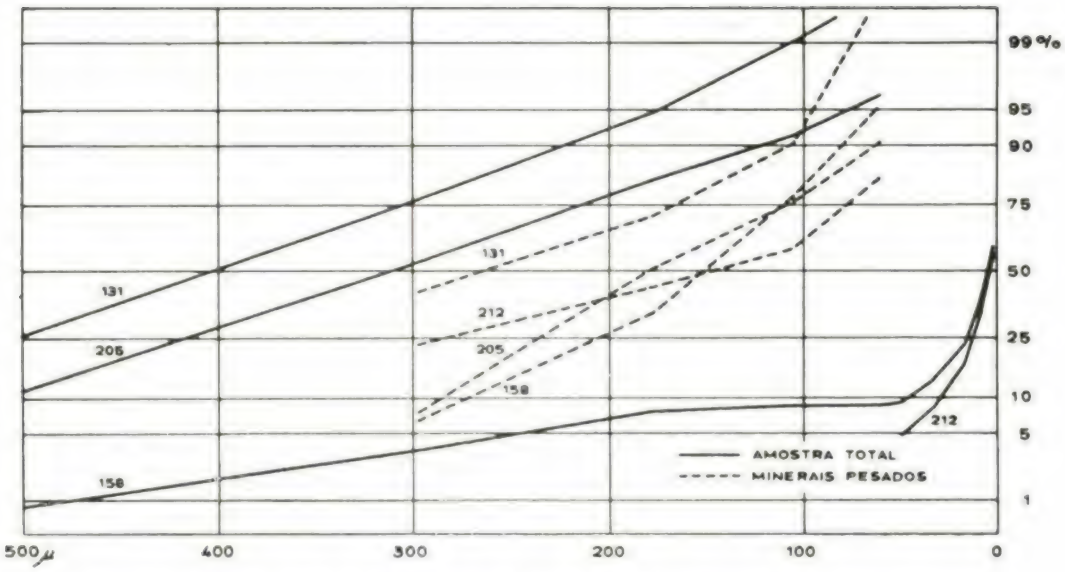


Fig. 8 — Relação entre a granulometria de alguns sedimentos e a granulometria das suas fracções pesadas

Quanto maior for o número dessas fracções e, consequentemente, quanto menor for o intervalo por elas representado, mais atenuada se encontra a influência das variações granulares.

Neste trabalho, separaram-se várias amostras, representativas de todas as associações presentes, nas fracções 500-297 μ, 297-177 μ, 177-105 μ e 105-62 μ e, em algumas amostras, ainda na fracção 62-50 μ. Na fig. 9 representam-se gràficamente os valores, para cada fracção, das percentagens das espécies minerais mais significativas (percentagens cumulativas) de 7 amostras, pertencentes respectivamente às associações A, B, C, D, E, F e G.

Da observação destes resultados, pode concluir-se que as frequências dos minerais característicos das diferentes associações não variam grandemente de fracção para fracção, com excepção para a horneblenda castanha, mineral característico das fracções mais grosseiras (especialmente 297-177 μ) para a silimanite, característica das fracções grosseiras (especialmente 500-297 μ e 297-177 μ), e para o zircão, característico das fracções finas (especialmente 105-62 μ e 62-50 μ).

Na quase totalidade dos sedimentos do estuário do Tejo e da costa adjacente, as variações granulares pouco se manifestam e as diferenças nítidas que se verificam na composição mineralógica resultam de serem diversas as fontes de alimentação ou muito diferentes as proporções relativas de cada fonte de alimentação. Há, no entanto, algumas amostras onde a sua influência se faz sentir apreciàvelmente, como, por exemplo, nas amostras n.os 255 e 256. Dada a sua localização (especialmente a amostra n.º 256), deveriam conter a associação D, cujos minerais característicos são a turmalina, a augite e a horneblenda castanha (basáltica). Ao dosearem-se os minerais pesados destas amostras numa só fracção encontram-se para as percentagens de horneblenda castanha, respectivamente, os valores 7 % e 1 %. Em virtude de se tratar de sedimentos relativamente finos e bem calibrados e por se saber que a horneblenda castanha é um mineral com tendência para ocorrer nas fracções mais grosseiras dos sedimentos, separaram-se estas amostras em 4 fracções, respectivamente 500-297 μ, 297-177 μ, 177-105 μ e 105-62 μ. Na fracção 500-297 μ não foi possível obter minerais pesados em número considerado satisfatório, pelo que apenas se dosearam os minerais nas restantes fracções. Na fig. 10 apresentam-se as curvas granulométricas dos minerais pesados (fracção 500-62 μ) e do total das amostras 255 e 256.

No quadro 6 estão representadas a frequência dos minerais pesados de cada fracção e a percentagem em peso dos minerais pesados de cada fracção, em relação à sua totalidade na amostra. Como se pode concluir da sua observação, nas fracções 297-177 μ de cada amostra, a percen-

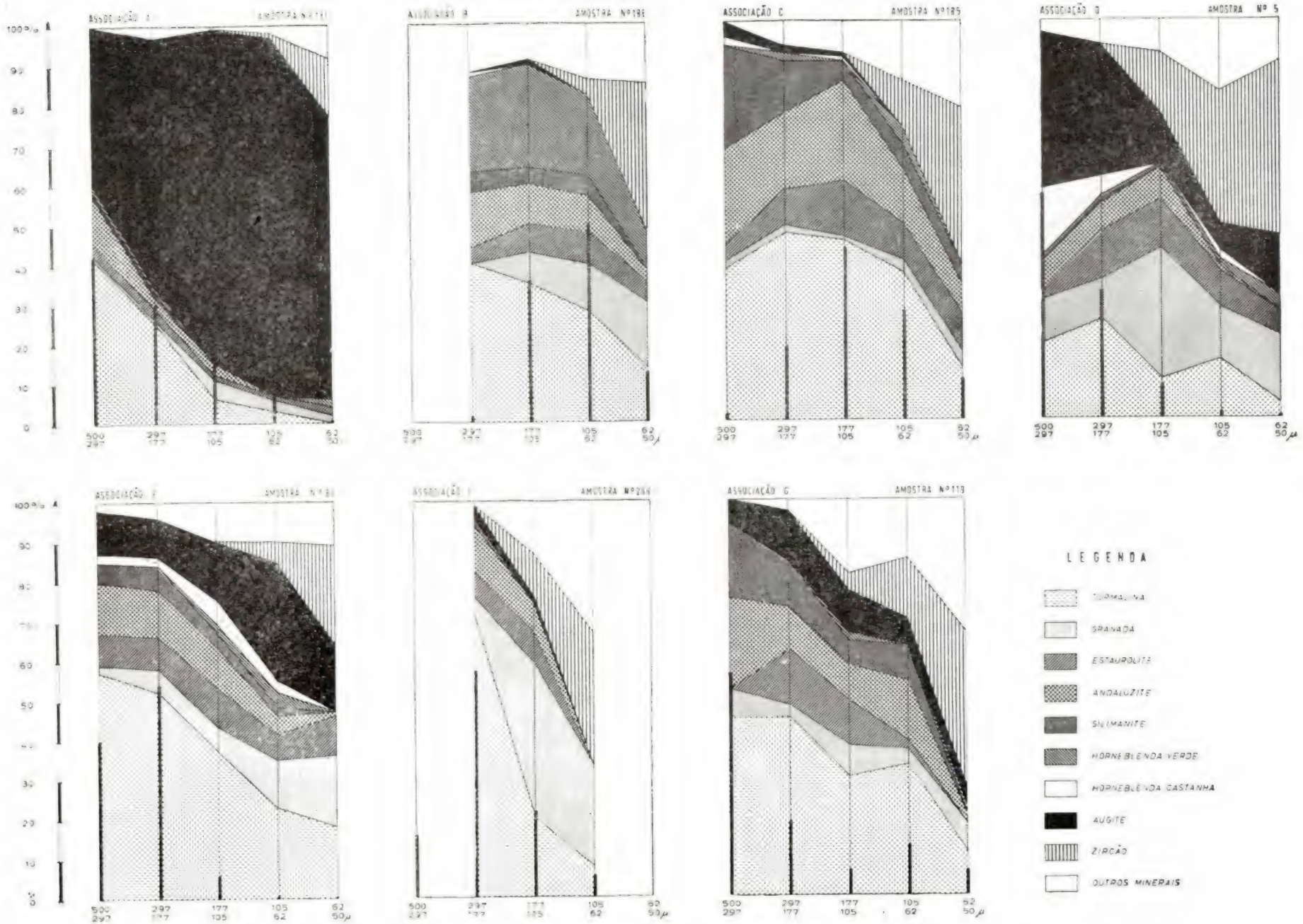


Fig. 9 — Representação gráfica da distribuição dos minerais pesados característicos de cada associação

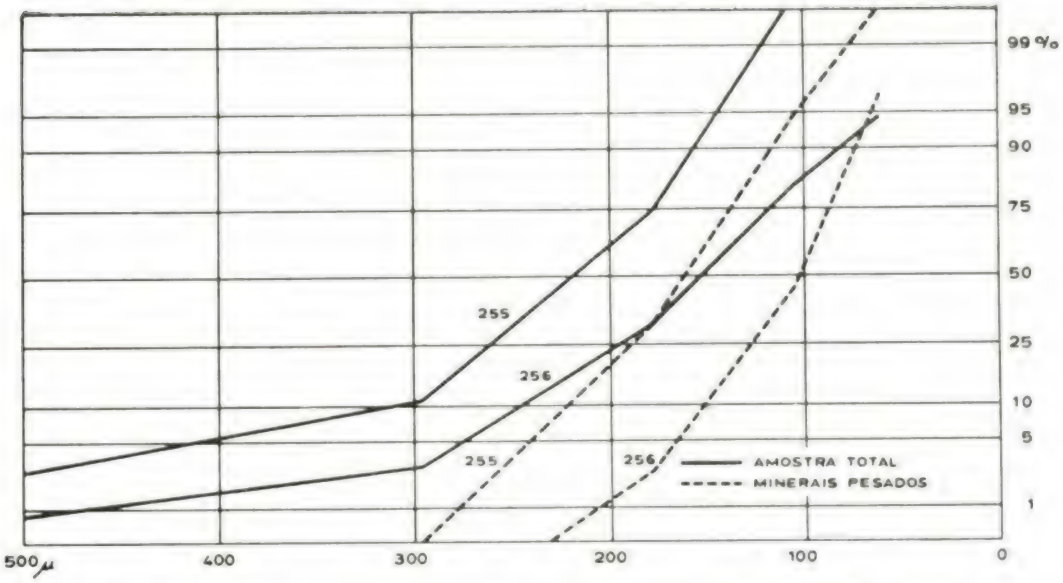


Fig. 10 — Curvas granulométricas das amostras 255 e 256 (amostras totais e respectivas fracções pesadas)

QUADRO 6

N.º da Amostra	Fracções granulométricas (μ)	Minerais																	
		Turmalina	Zircão	Granada	Rútilo	Anatase	Esfena	Brookite	Distena	Estaurolite	Andalozite	Silimanite	Epídoto	Horn. verde	Horn. cast.	Augite	Hiperstena	Cloritoide	% em peso dos minerais pesados
225	500-297	N.º insuficiente de minerais pesados																	0,4
	297-177	34	—	7	—	—	—	—	—	15	12	—	4	—	11	17	—	—	31,1
	177-105	25	1	9	—	1	2	—	—	6	10	—	6	5	8	27	—	—	63,4
	105-62	14	22	13	3	2	—	—	—	7	3	3	9	7	3	14	—	—	5,1
256	500-297	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0
	297-177	26	—	3	—	—	1	—	—	8	13	—	8	—	11	29	—	1	2,7
	177-105	33	2	18	—	—	1	—	2	4	8	1	6	1	2	21	1	—	43,6
	105-62	15	11	9	2	3	—	1	—	9	7	1	7	7	1	27	—	—	53,7

tagem de horneblenda castanha é igual a 11 %, valor característico da associação D; verifica-se também, que na fracção 177-105 μ esse valor decresce imediatamente para valores iguais, respectivamente a 8 % e 2 %. Como a fracção 297-177 μ da amostra 255 representa apenas 31,1 % dos minerais pesados e da 256 apenas 2,7 %, daí os valores encontrados para a fracção 500-50 μ.

4.5 — Carbonatos

Foram doseados os carbonatos na quase totalidade das amostras colhidas.

Algumas amostras foram observadas à lupa binocular, tendo-se verificado que a existência desses carbonatos é devida à presença, nos sedimentos, de grão de calcite e fragmentos de calcário juntamente com detritos de conchas.

Em face dos resultados obtidos, verifica-se que a percentagem de $CaCO_3$ varia muito, tendo o seu máximo nas amostras da costa ao norte do estuário, onde atinge valores da ordem dos 40 %, e sendo pràticamente nula nos sedimentos fluviais, em especial da camada superficial do leito do rio. Conforme esses valores, assim se dividiram as amostras em três grupos: o primeiro costituído pelas amostras com percentagens de $CaCO_3$ compreendidas entre 20 e 40 %; o segundo constituído pelas amostras com percentagens entre 8 e 20 %; e o terceiro constituído pelas amostras com percentagens inferiores a 8 %. Ao primeiro grupo pertencem os sedimentos da margem norte do estuário nas proximidades da foz e os da costa norte, desde S. Julião da Barra até à foz do rio Lizandro (Fig. 11). Ao segundo pertencem os sedimentos da margem sul da parte final do estuário e da costa sul desde a foz do estuário até cerca de 5 km para norte da Lagoa de Albufeira (local da amostra 275). Ao terceiro grupo pertence a maior parte das amostras do rio, e, também, as amostras da costa atlântica situadas a norte da foz do rio Lizandro e a sul do local de colheita da amostra 275.

Dado que os sedimentos fluviais têm pequena quantidade de $CaCO_3$, parece poder concluir-se que os carbonatos existentes nas amostras da foz do estuário e da costa atlântica são de origem marinha. O conhecimento da geologia da região permite considerar as rochas calcárias do Cretácico, que afloram na maior parte da costa atlântica, ao norte do estuário, como a principal origem dos grãos de calcite e fragmentos de calcário existentes nos sedimentos (Fig. 6).

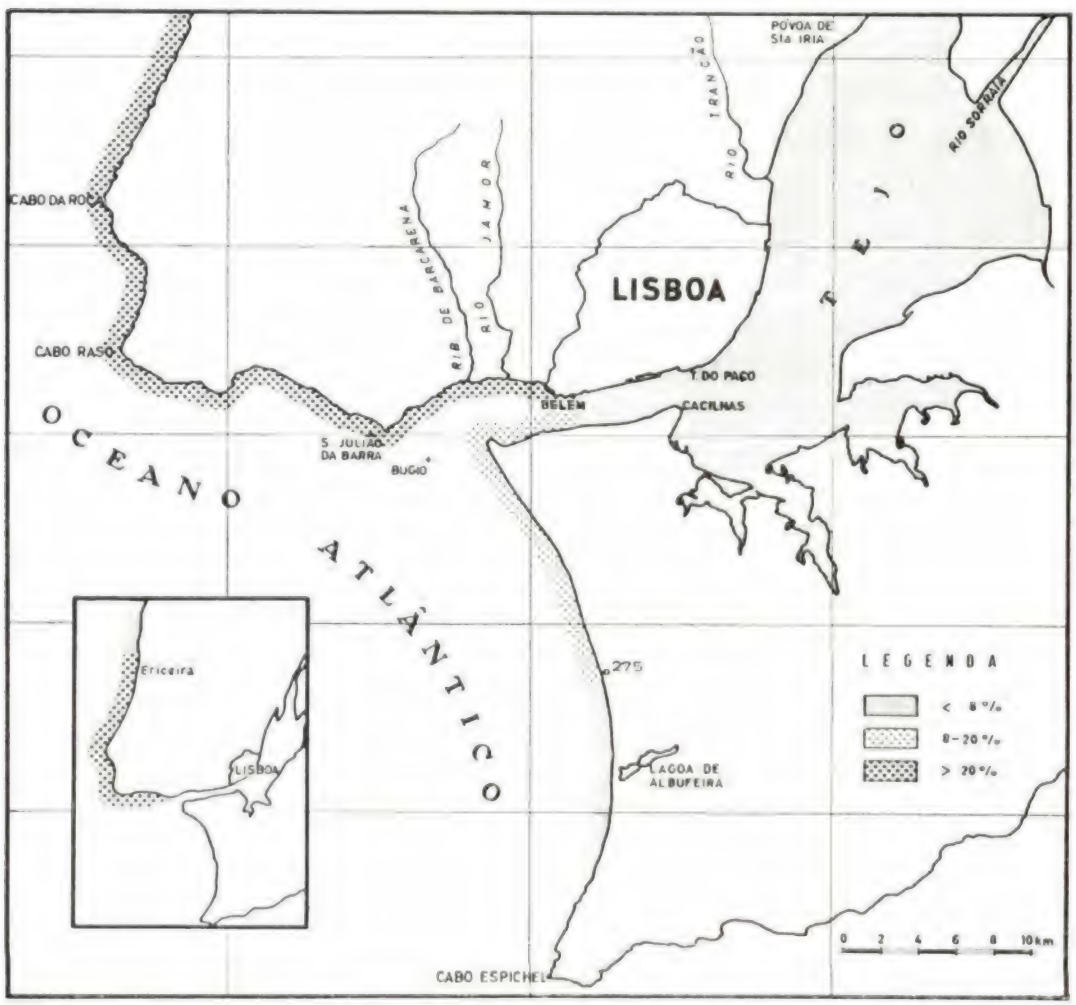


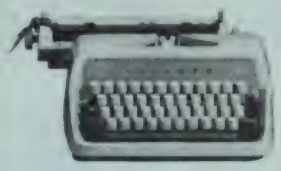
Fig. 11 — Distribuição dos carbonatos

Caixas para luz-relâmpago com paredes interiores complicadas -fáceis de injectar com Novodur PH/AT.

Para a fabricação de caixas para luz-relâmpago o ®Novodur PH/AT, um polimerizado de enxerto de ABS, oferece-nos uma série de propriedades interessantes. Esta matéria prima tem uma fluidez excelente; as formas geralmente complicadas das paredes interiores das caixas para luz-relâmpago são preenchidas sem dificuldade e sem falhas.
Os artigos fabricados de Novodur PH/AT são resistentes à fractura e ao choque, inalteráveis quanto à forma e não riscam. A superficie pode ser de brilho sedoso ou de alto brilho – conforme a superfície do molde – e é insensivel ao suor. As caixas de Novodur PH/AT conservam-se limpas, pois que um acabamento antiestático adicional evita que seja atraido o pó, propriedade que não pode ser eliminada nem por exsudação nem por lavagem. Caixas para luz relâmpago e outras peças deste material não precisam de ser tratadas posteriormente com soluções antiestáticas.
Para variados artigos o Novodur PH/AT pode ser fornecido em muitas cores atractivas.

Bayer Leverkusen

®novodur BAYER



Aproveite este cupão:

3674

Peça, de qualquer modo, elementos informativos: o prospecto de várias páginas com exemplos de aplicação assim como o folheto detalhado de 56 páginas. Contém a descrição pormenorizada das propriedades do Novodur, indicações detalhadas para a sua laboração e para o tratamento posterior, campos de aplicação, tipos especiais de Novodur, tabelas das propriedades físicas dos diversos tipos de Novodur, ensaios de tracção e de pressão em representação gráfica, resistência quimica em diversos meios.

E favor recortar e remeter a

S.A.R.L. Quimicor
Lisboa
Rua Sociedade Farmacêutica, 3

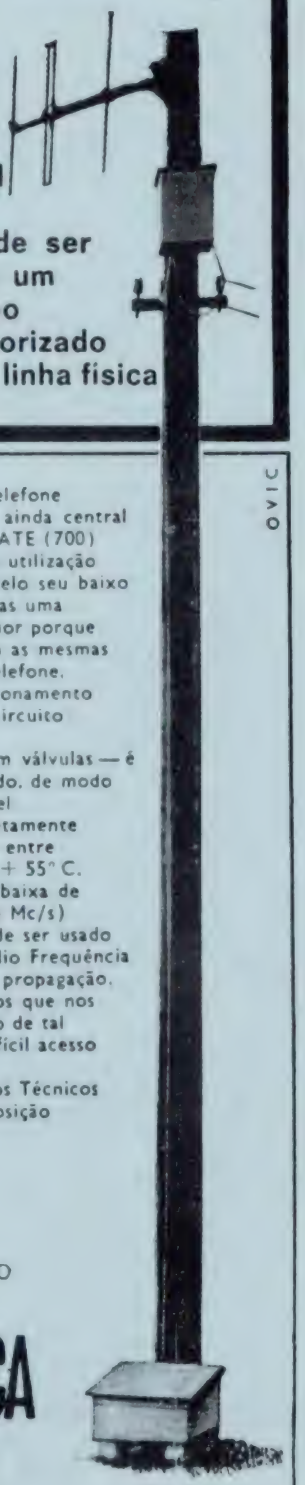
Mande-me, por favor, sem despesas
Exemplar(es) do prospecto Novodur, de várias páginas
Exemplar(es) do folheto informativo sobre Novodur, de 56 páginas

Firma _____

Secção _____ à atenção do Snr. _____

Endereço _____

O mesmo que se obtém com um telefone normal através de um circuito físico, pode ser agora obtido com um feixe hertziano tipo ATE (700) transistorizado sem usar qualquer linha física



Quer seja de telefone para telefone ou telefone para central ou ainda central para central, o equipamento ATE (700) é o mais recente e de melhor utilização nos centros rurais. Melhor pelo seu baixo consumo, pois consome apenas uma carga de pilhas por ano. Melhor porque sendo um rádio telefone tem as mesmas possibilidades que tem um telefone, inclusivé facilidades de funcionamento com linhas partilhadas num circuito de transmissão.
Melhor ainda porque não tem válvulas — é completamente transistorizado, de modo a ter a maior duração possível.
É de instalação fácil, completamente estanque podendo trabalhar entre temperaturas de — 20° C a + 55° C.
Fabrica-se nas bandas alta e baixa de VHF (54/88 Mc/s), (150/184 Mc/s) tendo ainda a possibilidade de ser usado com um amplificador de Rádio Frequência para um aumento do raio de propagação.
Estes são portanto os motivos que nos levam a aconselhar a adopção de tal equipamento em áreas de difícil acesso para manutenção.
Para mais detalhes os Serviços Técnicos da AEP estão à inteira disposição de V. Ex.ª.

OVIC

A.E.P. Fábrica CABO RUIVO

AUTOMÁTICA ELÉCTRICA PORTUGUESA

LISBOA S A R L

Associada ao grupo de companhias PLESSEY Inglaterra

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kgf / cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kgf / cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TÉCNICO

R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º Dt.º

TELEFONES 67 12 24/5 e 67 37 85 - LISBOA

BOMBAS

Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

4.6 — Variação em profundidade da mineralogia dos sedimentos do estuário

Como se disse atrás, grande parte das amostras do estuário foram obtidas de tarolos de sondagens realizadas pela A.G.P.L. e, além das amostras relativas à camada superficial do leito do rio, foram retiradas outras, em cada sondagem, representativas de camadas mais profundas com o fim de estudar a evolução dos sedimentos em profundidade. Contudo, devido sobretudo a condicionamentos de tempo, apenas se estudaram duas ou três amostras em cada sondagem, relativas, aproximadamente, à primeira meia dúzia de metros.

Minerais pesados

Do estudo da frequência dos minerais pesados das camadas inferiores do leito do estuário, pode concluir-se, em linhas gerais, o seguinte: na maior parte do estuário não houve, no decorrer do tempo que demorou a deposição dos referidos sedimentos, modificações apreciáveis relativamente às suas origens; contudo, na margem esquerda da parte mais larga do estuário, aproximadamente entre Alcochete e o Montijo (entre os locais des amostras 186 e 173), desaparece a associação C para dar lugar à associação B; na margem direita o número de amostras das camadas mais profundas é muito pequeno para que se possam tirar conclusões com segurança; as condições parecem manter-se em toda a margem, com excepção das proximidades da foz do rio Trancão, onde, a cerca de 6 m abaixo do actual leito do rio, a frequência dos minerais pesados se modifica consideràvelmente; com efeito, as amostras n.os 137 153 e 155 são muito diferentes das correspondentes, nas mesmas sondagens, à camada superficial do leito (Fig. 12); atendendo ao doseamento dos minerais pesados nas amostras dos afloramentos (Planta 2), parece poder concluir-se que estas amostras (especialmente as n.os 153 e 155) são de sedimentos «in situ» do Miocénico marinho.

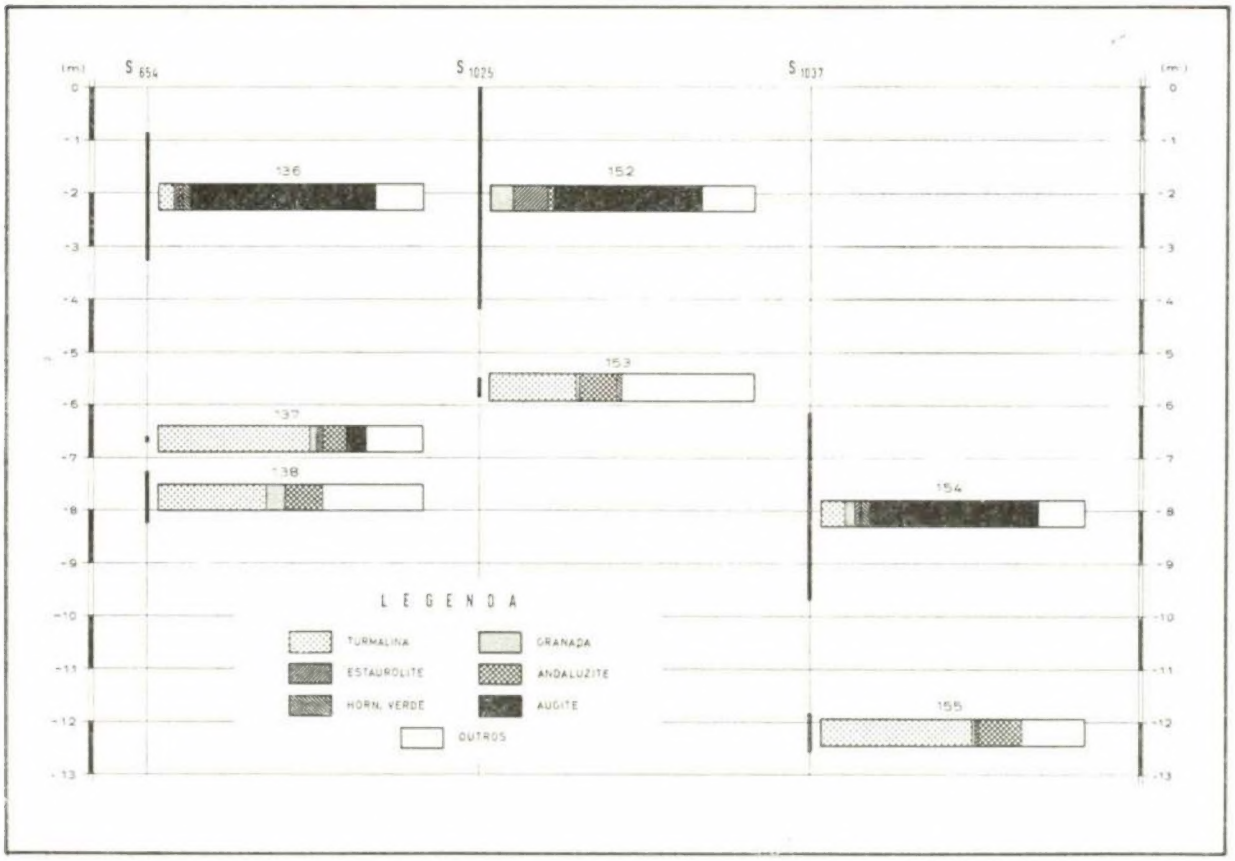


Fig. 12 — Variação da mineralogia em profundidade

Carbonatos

Relativamente às percentagens de $CaCO_3$, os valores mantêm-se aproximadamente. Assim, a maior parte das amostras evidencia uma pequena percentagem de carbonatos, devida, quase exclusivamente, à presença de restos de conchas.

Estas conclusões estão de acordo com o exposto em 4.5 onde se considera sendo marinha a principal origem dos carbonatos.

5 — GRANULOMETRIA

5.1 — Generalidades

Foram feitas análises granulométricas da quase totalidade das amostras (cerca de 270) com o fim de estudar a distribuição dos tipos granulométricos considerados, procurar relacionar a granulometria dos sedimentos com as condições e meio de sedimentação e, ainda, fornecer elementos para a construção do modelo de fundo móvel do estuário do Tejo a realizar no L.N.E.C.

Surgiu, então, o problema da representação gráfica dos resultados e do seu tratamento estatístico. Nos trabalhos anteriormente realizados (Oliveira, 1962 e 1963), o autor representou as curvas granulométricas cumulativas em papel semi-logarítmico com ordenadas em escala aritmética e abcissas em escala logarítmica. O tratamento estatístico foi, nesses trabalhos, baseado no método dos quartis de Trask, amplamente desenvolvido por Krumbein (Krumbein and Pettijohn, 1938). Tal método, contudo, tem como maior inconveniente o facto de os parâmetros estatísticos calculados (mediana, índice de calibração e índice de assimetria) apenas se referirem à metade central da curva, desprezando assim 50 % de material em cada amostra. Com efeito, esses parâmetros são baseados nos valores dos quartis, isto é, os pontos da curva cumulativa correspondentes a 25 %, 50 % e 75 %. Em face destas considerações, resolveu-se, no presente trabalho, abandonar o referido método e procurar aplicar um outro que se mostrasse mais eficiente.

Pareceu ser o método de Doeglas (1946) aquele que maiores vantagens traria para o estudo em questão. Este método baseia-se apenas na forma e posição da curva, cuja representação se faz em papel de probabilidade (ordenadas em escala de probabilidade e abcissas em escala aritmética), e não no cálculo de quaisquer parâmetros estatísticos. Um sedimento com uma curva de distribuição simétrica tem, neste papel, uma representação linear. O ângulo que essa recta faz com a horizontal determina a calibração* do sedimento, e as misturas de sedimentos são fàcilmente detectáveis em virtude das formas das curvas respectivas. O método tem sido desenvolvido pela escola holandesa e amplamente aplicado por muitos autores (Doeglas, Kruit, Koldewijn, Nota, Van Andel, etc.).

Contudo, os métodos baseados no cálculo de parâmetros estatísticos continuam a ser aplicados em larga escala, especialmente pelos autores americanos e também nos trabalhos portugueses que se conhecem. Assim, para tornar comparáveis os resultados obtidos no estuário do Tejo com os obtidos quer por uns quer por outros, pensou-se que seria vantajoso usar os dois métodos paralelamente.

Deve-se a Inman (1952) o desenvolvimento do método estatístico mais actualmente usado e que se aplicou no presente trabalho. Consta do cálculo de vários parâmetros estatísticos (mediana, índice de dispersão, índices de assimetria e índice de angulosidade**), com base em valores retirados das curvas cumulativas representadas em gráficos com escala de probabilidade em ordenada e com escala ϕ ($-\log_2$ do diâmetro em mm) em abcissa. Esses valores são relativos às percentagens 5 %, 16 %, 50 %, 84 % e 95 %. Este método interessa, no cálculo dos parâmetros, maior porção da curva do que o método de Trask.

5.1 — Sedimentos da costa atlântica adjacente

A interpretação dos resultados foi feita, como atrás se disse, aplicando o método de Doeglas. Distinguiram-se dois tipos de sedimentos, respectivamente tipo M_1 e tipo M_2. Na fig. 13 apresentam-se os diagramas correspondentes aos dois tipos e na fig. 14, a sua distribuição esquemática, em planta.

Tipo M_1

Os sedimentos pertencentes ao tipo M_1 são sedimentos grosseiros (com medianas compreen-

* Sorting.
** Kurtosis.

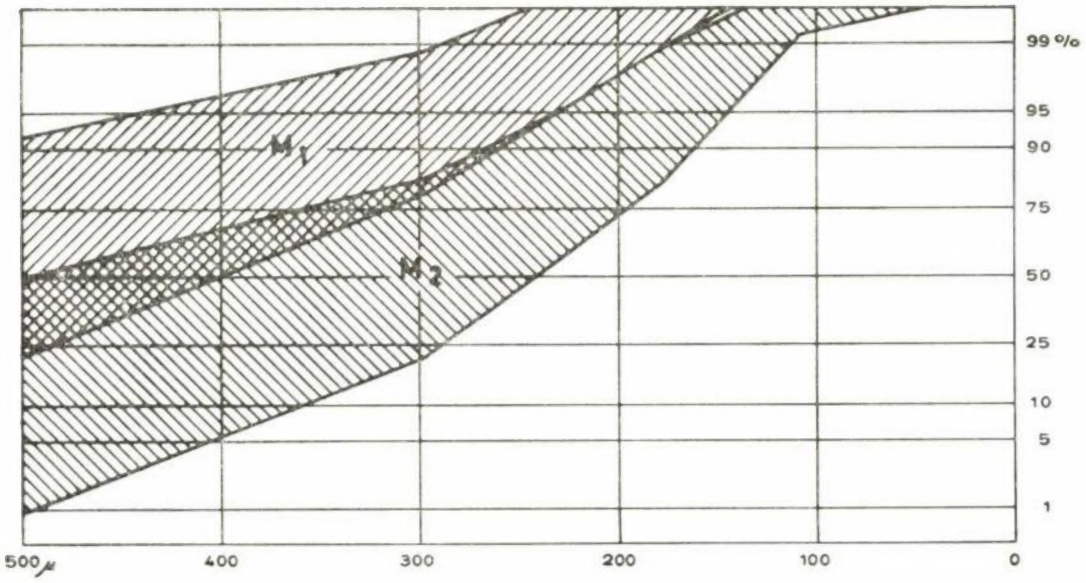


Fig. 13 — Diagrama dos sedimentos de tipos M_1 e M_2

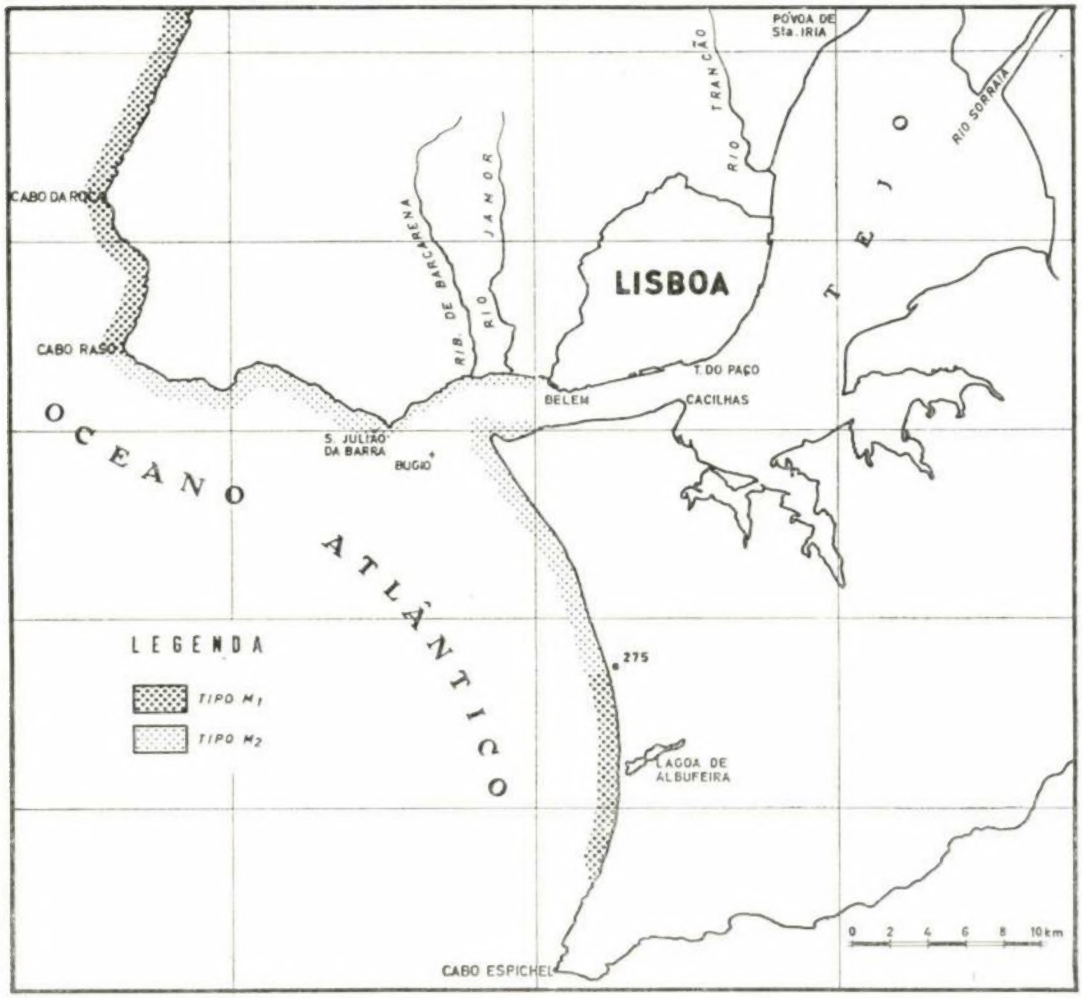


Fig. 14 — Distribuição dos sedimentos de tipos M_1 e M_2

didas entre 780 μ e 380 μ), relativamente bem calibrados e pràticamente desprovidos de material de dimensão inferior a 200 μ.

Na fig. 15 apresentam-se as curvas granulométricas de algumas amostras pertencentes ao tipo M_1. As suas curvas são características de sedimentos de costa muito batida pelas vagas, cuja agitação impede a deposição de material de diâmetro inferior a 200 μ. Com efeito, a este tipo pertencem os sedimentos de praia situados a norte do Cabo Raso, onde a acção das vagas se faz sentir fortemente em direcção à costa, e também os sedimentos da costa ao sul do estuário colhidos para sul da amostra 275 (Fig. 14).

As características granulométricas destes são semelhantes, o que evidencia idêntico regime de deposição.

Tipo M_2

Os sedimentos pertencentes ao tipo M_2 são sedimentos com medianas compreendidas entre 390 μ e 240 μ, bastante mais finos, portanto, do que os pertencentes ao tipo M_1.

Na fig. 16 apresentam-se as curvas granulométricas de algumas amostras pertencentes ao

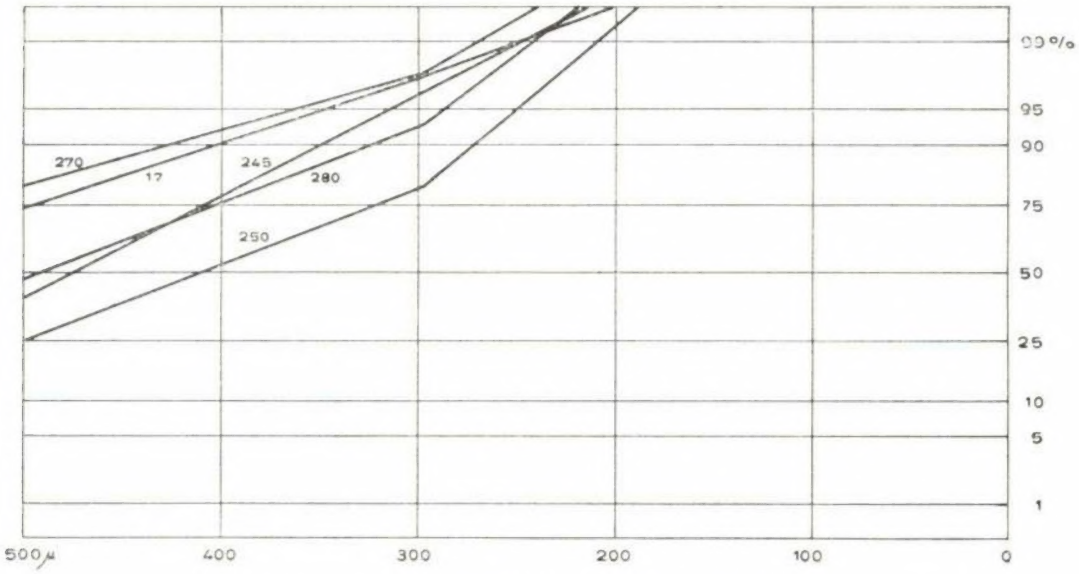


Fig. 15 — Curvas granulométricas de sedimentos do tipo M_1

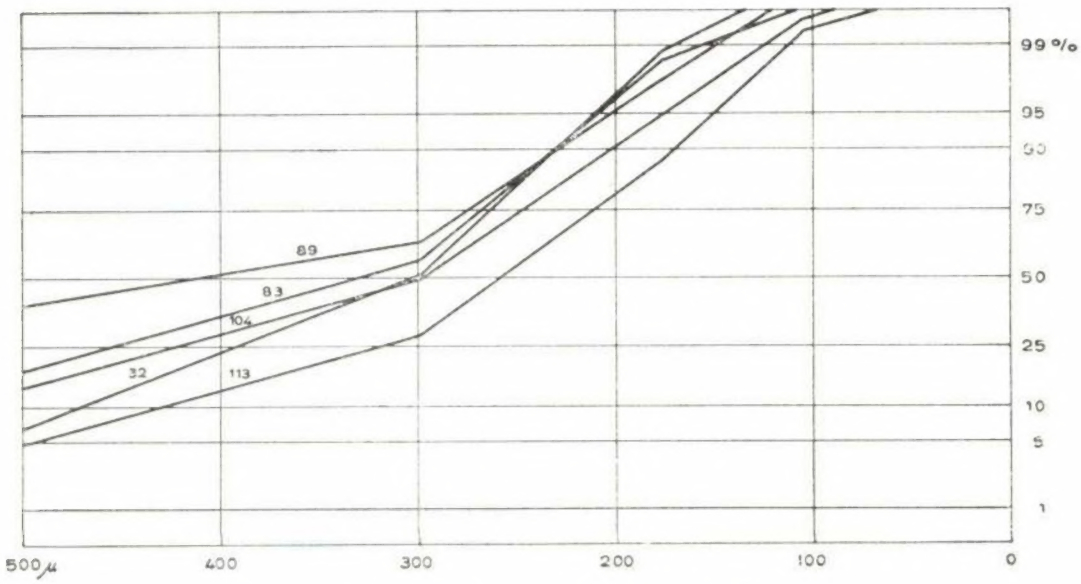


Fig. 16 — Curvas granulométricas de sedimentos do tipo M_2